

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 7 月 28 日 (28.07.2005)

PCT

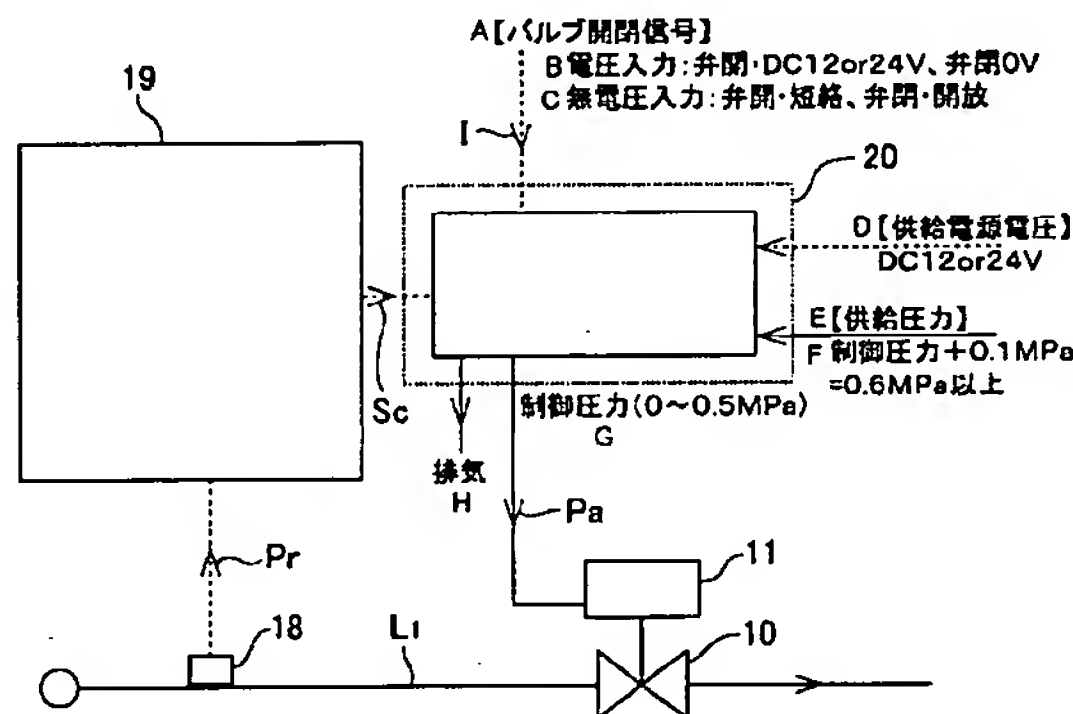
(10) 国際公開番号
WO 2005/068886 A1

- (51) 国際特許分類: F16K 47/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000264 (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 西野 功二 (NISHINO, Kouji) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 永瀬 正明 (NAGASE, Masaaki) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 土肥 亮介 (DOHI, Ryoussuke) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 池田 信一 (IKEDA, Nobukazu) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 西村 龍太郎 (NISHIMURA, Ryutaro) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP).
(22) 国際出願日: 2005 年 1 月 13 日 (13.01.2005)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2004-011497 2004 年 1 月 20 日 (20.01.2004) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社フジキン (FUJIKIN INCORPORATED) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 Osaka (JP).
(71) 出願人 および
(72) 発明者: 大見 忠弘 (OHMI, Tadahiro) [JP/JP]; 〒9800813 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2 丁目 1 番 17-301 号 Miyagi (JP). (74) 代理人: 杉本 丈夫 (SUGIMOTO, Takeo); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜 2 丁目 1 番 21 号 北浜カタノビル Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR WATER HAMMER-LESS OPENING OF FLUID PASSAGE, CHEMICAL SUPPLY METHOD USING THE SAME, AND WATER HAMMER-LESS OPENING DEVICE

(54) 発明の名称: 流体通路のウォーターハンマーレス開放方法及びこれを用いた薬液供給方法並びにウォーターハンマーレス開放装置



A... VALVE OPEN/CLOSE SIGNAL
B... VOLTAGE INPUT: VALVE OPEN, DC12 OR 24V; VALVE CLOSED 0V
C... NON-VOLTAGE INPUT: VALVE OPEN, SHORTCIRCUIT; VALVE CLOSED, OPEN
D... SUPPLY POWER VOLTAGE
E... SUPPLY VOLTAGE
F... CONTROL PRESSURE + 0.1 MPa = 0.6 MPa OR ABOVE
G... CONTROL PRESSURE (0 TO 0.5 MPa)
H... AIR DISCHARGE

(57) Abstract: It is possible to rapidly open a fluid passage in a short time by using a simple device and operation without causing a water hammer. A water hammer-less opening device includes: an actuator operating valve arranged on a fluid passage; an electropneumatic conversion device for supplying two-stage actuator operation pressure Pa to the actuator operating valve; a vibration sensor detachably fixed to the upstream side of the pipe of the actuator operating valve; and a tuning box for receiving a vibration detection signal Pr detected by the vibration sensor, outputting a control signal Sc for controlling the value of a step operation pressure Ps of the two-state actuator operating pressure Pa to the electropneumatic conversion device, and outputting the two-stage actuator operation pressure Pa of the step operation pressure Ps' at which the vibration detection signal Pr from the electropneumatic conversion device becomes almost zero by adjustment of the control signal Sc.

[続葉有]

WO 2005/068886 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 極く簡単な装置や操作により、ウォーターハンマーを生ずることなしに、しかも短時間内に、流体通路を急開放できるようにする。流体通路に介設したアクチエータ作動式バルブと、アクチエータ作動式バルブへ二段階状のアクチエータ作動圧 P_a を供給する電空変換装置と、前記アクチエータ作動式バルブの上流側管路に着脱自在に固着した振動センサと、振動センサにより検出した振動検出信号 P_r が入力されると共に、電空変換装置へ前記二段階状のアクチエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 $P_{s'}$ の大きさを制御する制御信号 S_c を出力し、当該制御信号 S_c の調整により電空変換装置から振動検出信号 P_r がほぼ零となるステップ作動圧 $P_{s'}$ の二段階状のアクチエータ作動圧 P_a を出力させるチューニングボックスと、からウォーターハンマーレス開放装置を構成する。

明 細 書

流体通路のウォータハンマーレス開放方法及びこれを用いた薬液供給方法並びにウォータハンマーレス開放装置

技術分野

- [0001] 本発明は、流体通路の急開放時に於けるウォータハンマーの発生を完全に防止できるようにウォータハンマー防止システムの改良に関するものである。より具体的には、流体圧力の大小に拘わらずに流体通路を、その上流側流体通路にウォータハンマーを生ずることなしに迅速且つ確実に開放できるようにした流体通路の開放方法及びこれを用いた薬液供給方法並びに流体通路のウォータハンマーレス開放装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 水等の液体が流通する通路を急激に閉鎖すると、閉鎖箇所より上流側の通路内圧が振動的に上昇する所謂ウォータハンマーが起生することは、広く知られた事象であり、当該ウォータハンマーが生ずると、上流側通路の内圧が上昇し、これに接続されている機器や装置類が破損する等の様々な不都合が起生する。
- [0003] そのため、ウォータハンマーの発生を防止する方策については、従前から各種の技術が開発されている。
- しかし、何れの技術も基本的には(1)流体通路の閉鎖時間を長目に設定するか、或いは、(2)通路内に発生した振動圧力をバイパス通路を開放して外部へ逃がしたり、別途に設けたアキュムレータ内へ吸収すると云うものであり、前者の方法では流体通路の閉鎖に時間が掛かって急閉鎖の要請に対応することができず、また後者では、付帯設備費が高騰すると云う問題がある。
- [0004] また、上記ウォータハンマーに係る問題は、これ迄比較的大流量の流体を取り扱う産業分野で主に問題とされて来たが、近年では、小流量の流体を取り扱う分野、例えば半導体製造に於けるウェーハ洗浄装置の分野や薬品製造の分野等に於いても、設備の保全や製品品質の向上、更には所謂製造工程におけるスループット特性の向上の点から、供給流体の急閉鎖時に於けるウォータハンマーの発生の防止が強く

要請されている。

[0005] 特許文献1:特開平7-190235号公報

特許文献2:特開2000-10602号公報

特許文献3:特開2002-295705号公報

[0006] 一方、本願発明者等は先きに、従前のウォーターハンマーの発生防止技術に於ける上述の如き問題、即ち(1)流体通路の遮断時間を若干長目に設定することを基本とする方策では、緊急性の要請に十分に対応することが出来ないこと、及び(2)振動圧力を吸収又は逃がすことを基本とする方策では、附帯設備費が高騰すること等の問題を解決し、安価でしかも迅速且つ確実に流体通路をウォーターハンマーレスで急閉鎖できるようにした技術を開発し、これを公開している。

即ち、当該技術は、流体通路に介設した弁の閉鎖を多段階動作で行なうことにより、ウォーターハンマーを生ずることなしに、しかも極短時間(例えば1000msec以内)をもって流体通路を急閉鎖するものである。また、当該技術は、流体通路のウォーターハンマーレス閉鎖が可能なバルブの閉鎖条件をバルブの閉鎖テストを現実に行なうことによってあらかじめ求めておき、当該閉鎖条件を記憶せしめた電空変換装置によってバルブ本体のアクチュエータを作動させることにより、迅速且つ確実に流体通路のウォーターハンマーレス閉鎖を可能とするものである。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、本願発明者等が先きに開発をした流体通路のウォーターハンマーレス閉鎖技術は、流体通路を迅速且つ確実にウォーターハンマーレスを生ずることなく急閉鎖することができ、優れた実用的効用を奏するものである。

しかし近年、半導体製造装置や化学産業、薬品産業等の分野に於いては、流体通路の急閉鎖時だけでなしに、流体通路の急開放時にもウォーターハンマーの発生を確実に防止することが、強く要請されるようになって来ており、従前の流体通路の急閉鎖時のウォーターハンマーレス対応のみでは、十分な対応が出来ないと云う問題がある。何故なら、流体通路の開放時にウォーターハンマーが発生すると、流体通路内へパーティクルが移行する等の様々な不都合が生ずるからである。

また、半導体洗浄装置等がウェーハを1枚ずつ順次処理する型式の装置に変わって来たこと(枚葉化)に伴い、液体供給システムの品質向上のみならず、所謂スループット特性の向上のために各プロセスの時間短縮も課題となっている。更に、前記新しい処理型式の半導体製造装置においては、ウェーハを1枚毎に処理するために必然的にバルブ類の開閉頻度が増加することになるが、この場合でもバルブの安定した開閉即ちウォーターハンマーを生じないことが要求される。このように、液体供給システムとしては、プロセス時に圧力変動を生じさせないことが強く求められる。

- [0008] 本願発明は、半導体製造装置や洗浄装置等に於ける上述の如き問題の解決をその目的とするものであり、流体供給通路をウォーターハンマーレスの状態下で確実に急開放することができるようにした、流体通路のウォーターハンマーレス開放方法及びこれを用いた液体供給方法並びに流体通路のウォーターハンマーレス開放装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

- [0009] 本願発明者等は、通路を閉鎖している弁の弁体を全開位置より手前の所定の位置まで急速移動させ、短時間経過後に弁体を全開位置へ移動させるようにした多段階方式による弁の開放方法を着想すると共に、当該開放方法を用いて数多くのウォーターハンマーの発生機構の解析試験を行なった。また、本願発明者等は前記試験の結果から、弁の開放に於いて、開弁時の第1段階の弁体停止位置を特定の範囲内の位置とすることにより、ウォーターハンマーの発生を防止できることを知得した。
- [0010] 本願発明は上記知見を基にして創作されたものであり、請求項1の発明は、管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を開放する方法に於いて、先ず前記アクチュエータへの駆動用入力を所定の設定値にまで増加若しくは減少させて弁体を開弁方向へ移動させ、アクチュエータへの駆動用入力を前記設定値に短時間保持したあと、当該駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全開状態にすることにより、ウォーターハンマーを起生することなしに流体通路を開放することを発明の基本構成とするものである。
- [0011] 請求項2の発明は、請求項1の発明に於いて、バルブを常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブ、又はバルブの作動時にバルブ内容積が変化しない定容積型の

常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブとしたものである。

- [0012] 請求項3の発明は、請求項1の発明に於いて、設定値に短時間保持する時間を1秒以内とすると共に、流体通路の圧力上昇値をバルブ開放前の圧力値の10%以内とするようにしたものである。
- [0013] 請求項4の発明は、バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、バルブ上流側配管路に着脱自在に固定した振動センサーと、バルブ開閉指令信号が入力されると共に、そのデータ記憶部に予かじめ記憶された制御信号Scによりアクチュエータへ入力するアクチュエータ作動圧Paを制御する電空変換制御装置と、前記振動センサーからの振動検出信号Prとアクチュエータへ供給するステップ圧力設定信号Psとステップ圧力の保持時間設定信号Tsと許容上限振動圧力設定信号Prmとが入力されると共に、前記振動検出信号Prと許容上限振動圧力設定信号Prmとの比較を行ない、前記ステップ圧力設定信号Psを修正する比較演算回路を備え、前記保持時間設定信号Ts及び修正されたステップ圧力設定信号Psから成る制御信号Scを前記電空変換制御装置のデータ記憶部へ出力する演算制御装置と、を発明の基本構成とするものである。
- [0014] 請求項5の発明は、請求項4の発明に於いて演算制御装置を、ステップ圧力設定回路と保持時間設定回路と許容上限振動圧力設定回路と振動圧検出回路と比較演算回路とから構成すると共に、アクチュエータ作動圧をステップ変化させた直後の振動検出信号Prが許容上限振動圧力設定信号Prmを越えた場合には、ステップ圧力設定信号Psを上昇する方向に、また、アクチュエータ作動圧を中間のステップ作動圧から零とした直後の振動検出信号Prが許容上限振動圧力設定信号Prmを越えた場合には、ステップ圧力設定信号Psを下降させる方向に夫々修正する構成としたものである。
- [0015] 請求項6の発明は、請求項4の発明に於いて電空変換制御装置を、演算制御装置からの制御信号Scを記憶するデータ記憶部と信号変換部と電空変換部とから構成すると共に、データ記憶部に予かじめ記憶されたウォーターハンマーを生じないときの制御信号Sc'に基づいて信号変換部からアクチュエータ作動圧制御信号Seを電空変換部へ出力し、前記制御信号Seに基づいて電空変換部からアクチュエータ作動圧

Paを出力する構成としたものである。

[0016] 請求項7の発明は、流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブと、アクチュエータ作動式バルブへ二段階状のアクチュエータ作動圧Paを供給する電空変換装置と、前記アクチュエータ作動式バルブの上流側管路に着脱自在に固着した振動センサと、振動センサにより検出した振動検出信号Prが入力されると共に、電空変換装置へ前記二段階状のアクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧Ps'の大きさを制御する制御信号Scを出力し、当該制御信号Scの調整により電空変換装置から振動検出信号Prがほぼ零となるステップ作動圧Ps'の二段階状のアクチュエータ作動圧Paを出力させるチューニングボックスと、を発明の基本構成とするものである。

[0017] 請求項8の発明は、流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブの上流側に振動センサを着脱自在に取り付け、振動センサからの振動検出信号Prをチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号Scを電空変換装置へ入力し、前記制御信号Scによって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチュエータ作動圧Paをアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを2段階作動により開放するようにした流体通路の開放方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧Paと振動検出信号Prとの相対関係を対比し、1段目のアクチュエータ作動圧Paの上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧Ps'を下降させ、また、2段目のアクチュエータ作動圧Paの上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧Ps'を上昇させ、前記ステップ作動圧Ps'の上昇又は下降による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号Prがほぼ零となる2段階状作動圧Paのステップ作動圧Ps'を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧Ps'の2段階状の作動圧Paを電空変換装置から出力させるときの制御信号Scのデータに基づいて、前記アクチュエータ作動式バルブを開放するようにしたことを発明の基本構成とするものである。

[0018] 請求項9の発明は、流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブの上流側に振動センサを着脱自在に取り付け、振動センサからの振動検出信号Prをチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号Scを電空変換装置へ入力し、前記制御信号Scによって電空変換装置に於いて発生した二段階状のA

クチュエータ作動圧 P_a をアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを2段階作動により開放するようにした流体通路の開放方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、1段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を上昇させ、また、2段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を下降させ、前記ステップ作動圧 P_s' の下降又は上昇による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる二段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の二段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるときの制御信号 S_c のデータに基づいて、前記アクチュエータ作動式バルブを開放するようにしたことを発明の基本構成とするものである。

- [0019] 請求項10の発明は、請求項8又は請求項9の発明に於いて、振動発生がほぼ零となる二段階状の作動圧 P_a を出力させるときの制御信号 S_c のデータを電空変換装置の記憶装置へ入力したあと、振動センサ及びチューニングボックスを取り外しするようにしたものである。
- [0020] 請求項11の発明は、請求項8又は請求項9の発明に於いて、振動センサをアクチュエータ作動式バルブの設置位置から1000mm以内の上流側位置に設けるようにしたものである。
- [0021] 請求項12の発明は、請求項8又は請求項9の発明に於いて、二段階状の作動圧 P_a のステップ作動圧保持時間 t を1秒より小さく設定するようにしたものである。
- [0022] 請求項13の発明は、管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を開放し、流体を下流側の流体通路へ供給する方法に於いて、流体を薬液とし、まず前記アクチュエータへの駆動用入力を所定の設定値にまで増加若しくは減少させて弁体を開弁方向へ移動させ、アクチュエータへの駆動用入力を前記設定値に短時間保持したあと、当該駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全開状態にすることにより、バルブ開放時にウォーターハンマーを起生しないようにしたものである。
- [0023] 請求項14の発明は、請求項13の発明に於いて、設定値に短時間保持する時間を

1秒以内とすると共に流体通路の圧力上昇値をバルブ開放前の圧力値の10%以内とするようにしたものである。

発明の効果

[0024] 本願方法発明に於いては、流体圧力が一定の場合には、アクチュエータへの駆動力を設定値に保持することにより、最初の開弁作動で弁体の移動を所定位置に一旦短時間停止させ、その後弁体を全開位置へ移行させるようにした開放方法により弁を開放するようにしているため、前記駆動力の設定値を適宜の範囲の値とすることにより、極く短時間(例えば300〜1000msec)内に、しかもウォーターハンマーを生ずることなしに流体通路を急開放することができる。

[0025] また、本願発明のウォーターハンマーレス開放装置に於いては、配管路 L_1 に振動センサ18を着脱自在に取り付け、振動センサ18により検出した振動検出信号Prを演算制御装置16へフィードバックさせ、電空変換制御装置17を介してバルブ本体10のアクチュエータ11へ印加するアクチュエータ作動圧Paを制御することにより、ウォーターハンマーレス弁開放を達成する構成としている。

その結果、バルブ本体10にストローク位置検出装置を設けなくても、或いは、配管路 L_1 に圧力検出器を取りつけたままにしておかなくてもウォーターハンマーレス弁開放が達成できると共に、対象とする配管路 L_1 について最適のウォーターハンマーレス弁開放の条件(即ち、アクチュエータ作動圧Paの制御条件)が求まれば、振動センサ18や演算制御装置16を取り外して他の配管路へ適用することが可能となり、経済的にも極めて有利となる。

[0026] 更に、本発明の流体通路のウォーターハンマーレス開放装置に於いては、実作動状態下の配管路のバルブ本体10の近傍に振動センサ18を設けると共に、電空変換装置20から所定の2段階状のアクチュエータ作動圧Paをバルブ本体10のアクチュエータ11へ印加することによりバルブ本体10を現実に関閉作動させ、前記2段階状のアクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧Ps'の最適値をバルブ本体10の実作動によって選定し、且つ選定したアクチュエータ作動圧Paを電空変換装置20の記憶装置へ記憶させるようにしている。

その結果、電空変換装置20からのアクチュエータ作動圧Paによりバルブ本体10をよ

り確実且つ迅速に、流体通路にウォーターハンマーを生ずることなしに急開放することが可能となる。

[0027] 加えて、前記2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a の選定・設定(チューニング)も、5〜6回のバルブ本体10の実作動によって簡単に完了することが出来る。しかも、適宜の大きさのステップ作動圧 $P_{s'}$ を有するアクチュエータ作動圧 P_a をアクチュエータ11へ加えることにより、第1回目のバルブ本体10の実開放時の圧力振動の振幅値もより低い値に押えることができ、配管路に大きな悪影響を加えることなしに、前記アクチュエータ作動圧 P_a の最適値をあらかじめ正確に求めることが出来る。

[0028] そのうえ、パソコンを活用することにより、前記2段階状アクチュエータ作動圧 P_a の選定・設定(チューニング)を極く簡単に、しかも迅速に行なうことが出来るだけでなく、ウォーターハンマーレス開放装置をより安価に製造することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]流体通路のウォーターハンマーの発生状態の調査に用いた試験装置の回路構成図である。

[図2]試験装置に用いた電空変換装置の説明図であり、(a)は基本構成図、(b)はブロック構成図である。

[図3]電空変換装置5の入力信号 I (入力電圧 V)と出力圧力 P_a ($\text{kgf}/\text{cm}^2 \cdot \text{G}$)の関係を示す線図である。

[図4]管路内圧 P_1 を一定とした多段階式開放に於いて、アクチュエータへの供給圧 P_a を変化させた場合の弁上流側管路 L_1 の振動の変化状態を示す線図であり、(a)は P_a を $0\text{kgf}/\text{cm}^2 \cdot \text{G}$ から直接 $5\text{kgf}/\text{cm}^2 \cdot \text{G}$ にして開放したとき、(b)は P_a を $0\text{kgf}/\text{cm}^2 \cdot \text{G}$ から $3.1\text{kgf}/\text{cm}^2 \cdot \text{G}$ に落したあと0とした場合を示すものである。

[図5]タンク圧(管路内圧 P_1)を変化させた場合の多段階式開放($P_a=0-2.5-5\text{kgf}/\text{cm}^2 \cdot \text{G}$)に於ける管路内圧 P_1 の変化状況を示す線図であり、(a)はタンク内圧 $P_1=0.245\text{MPa} \cdot \text{G}$ のとき、(b)は $P_1=0.255$ 、(c)は $P_1=0.274$ の場合を夫々示すものである。

[図6]図5の(c)の拡大図である。

[図7]弁の多段階式閉鎖に於けるタンク内圧 P_T と、ウォーターハンマーを防止できるア

クチュエータ作動圧力 P_a の関係を示す線図であり、(a)はタンク内圧を0.098MPaG、(b)は0.196MPaG、(c)は0.294MPaGとした場合を示すものである。

[図8]図7に於けるアクチュエータ作動圧 P_a と振動検出時点の関係を示す説明図である。

[図9]本発明に係る流体通路のウォーターハンマーレス開放装置の第1実施例の全体構成図である。

[図10]図9のウォーターハンマーレス開放装置に於けるアクチュエータ作動圧 P_a の制御(図10のa)と振動発生の一例(図10のb)を示す説明図である。

[図11]本発明の第2実施例に係るウォーターハンマーレス開放装置の全体システム構成図である。

[図12]チューニングボックスのPC画面表示の概要図である。

[図13]電空変換装置の構成概要図である。

[図14]オートチューニング操作のフロー図である。

[図15]オートチューニング操作に於ける駆動圧力 P_a と発生する振動との関係の説明図である。

[図16]ステップ状の駆動圧力 P_a のステップ圧力保持時間 t と圧力上昇値 ΔP との関係を示す線図である。

[図17]本発明に係る薬液供給方法を半導体製造装置用のウェーハ枚葉洗浄機へ適用した場合を示す系統図である。

符号の説明

- [0030] PT は水タンク内圧、 L_1 はバルブ上流側管路、 P_1 は管路内圧、 P_a はアクチュエータ作動圧、 P_{ao} は空気供給圧力、 ΔG はバルブストローク、 S はバルブ開閉指令信号、1は水タンク、2は水タンク加圧源、3は圧力センサ、4は弁、4aはアクチュエータ、5は電空変換装置、6は弁駆動用ガス源、7は信号発生器、8はストレージオシロスコープ、10はバルブ本体、11はアクチュエータ、16は演算制御装置、17は電空変換制御装置、18は振動センサ、19はチューニングボックス、20は電空変換装置、 T は開放時間検出信号、 P_1 は圧力検出信号、 PM は許容圧力上昇値設定信号、 Pr は振動検出信号、 Prm は許容上限振動圧力設定信号、 Ps はステップ圧力設定信号、 Ts はステ

ップ圧力保持時間設定信号(開放時間設定信号)、Scは制御信号、Seはアクチュエータ作動圧制御信号、SoはバルブのNO・NC切換信号、tはステップ圧力保持時間、Ps'はステップ作動圧、A₀は流体供給系、B₀はウェーハの枚葉洗浄機、Wはウェーハ、A・B・C・Dは混合薬液。

発明を実施するための最良の形態

- [0031] 先ず、本願発明者等は、半導体製造装置の液体供給系に於けるウォーターハンマーの発生状況を調査するため、空気圧作動ダイヤフラム弁を用いて流体流通路を全閉から全開に切換えした場合の流路の圧力変動を観察した。

図1は、上記調査に用いた試験装置の回路構成図であり、図1に於いて1は水タンク、2は水タンク加圧源、3は圧力センサ、4は弁、5は電空変換装置、6は弁駆動用ガス源、7は信号発生器、8はストレージオシロスコープである。

- [0032] 前記水タンク1は約30lの容量を有する密閉構造型であり、その内部には約25lの流体(25℃の水)が貯留されている。

また、水タンク1は加圧源2からのN₂により100〜300KPaGの範囲で調整自在に加圧されている。

- [0033] 前記圧力センサ3は、弁4の上流の水圧を高感度で検出可能なセンサーであり、本試験装置に於いては拡散半導体方式の圧力センサーを使用している。

- [0034] 前記弁4としては、ダイヤフラム式空圧弁を使用しており、その仕様は流体入口圧力0.1MPa、流体出口圧力0.3MPa、流体温度10〜100℃、CV値0.27、操作空気圧0.3〜0.6MPa、接液部の材質(バルブボディPTFE、ダイヤフラムPTFE)、通路内径4mmである。

即ち、当該弁4はノーマルクローズ型の合成樹脂ダイヤフラムを弁体とする空気作動式ダイヤフラム弁であり、スプリング(図示省略)の弾性力によりダイヤフラム弁体が常時弁座へ当座し、閉弁状態に保持される。又、作動用空気圧の供給によりアクチュエータ4aが作動し、ダイヤフラム弁体が弁座から離座することにより開弁状態に保持される。

従って、当該ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁を開弁するには、アクチュエータ4aへ開弁のために作動空気圧を供給する。

尚、本願発明に於いては、上記ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁に替えてノーマルオープン型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用してもよいことは勿論であり、この場合には、アクチュエータ4aへ供給する作動空気圧を上昇させることにより、弁が閉鎖状態に保持されることになる。

[0035] 前記電空変換装置5は、弁開度を指示する入力信号に対応した駆動圧力(空気圧)を弁4のアクチュエータ4aへ供給するためのものであり、本試験装置に於いては図2に示す如き構成の電空変換装置5を使用している。

即ち、入力信号Iが制御回路Aへ入力されると、給気用電磁弁Bが開になり、供給圧力Cの一部が給気用電磁弁Bを通して出力圧力Paとなり弁4のアクチュエータ4aへ供給される。

この出力圧力Paは圧力センサEを介して制御回路Aへフィードバックされ、入力信号Iに対応する出力圧力Paになるまで、訂正動作が行なわれる。尚、図2に於いて、Fは排気用電磁弁、Gは排気、Hは電源、Jは入力信号Iに対応する出力信号であり、当該出力信号J(即ち、入力信号I)が後述するストレージオシロスコープ8へ入力電圧として入力される。

[0036] 図3は、前記電空変換装置5の入力信号I値(入力電圧V)と出力圧力Paの関係を示す線図であり、入力電圧5V(作動用空気圧P=約5kgf/cm²・G)で弁4は全開状態に保持されることになる。

[0037] 前記弁作動用空気源6にはコンプレッサーが使用されており、所定圧の空気が供給される。また、前記信号発生器7は電空変換装置5等への入力信号I等を生成するものであり、所望の電圧出力が入力信号Iとして電空変換装置5へ出力される。

更に、前記ストレージオシロスコープ8は、圧力センサー3からの上流側管路L₁内の検出圧力信号P₁(電圧V)や電空変換装置5への入力信号I(入力電圧V)が入力され、管路L₁の圧力P₁の変動や入力信号(入力電圧V)Iの変動等が観測・記録される。尚、本試験装置に於いては、ストレージオシロスコープ8を利用しており、時間軸の読み取りは500msec/1目盛である。

[0038] 図1を参照して、先ず、水タンク1内の圧力PTを0.172MPa・Gの一定圧力に保持し、アクチュエータ4aへ0.490MPa・Gの空気圧Paを供給して弁4を全閉状態から

全開状態にした。尚、この時の弁4と水タンク1間の配管路 L_1 の内径は4.0mm、長さは約1.0m、水の流量は $Q = \text{約} 3.45 \text{ l/min}$ であった。図4は、弁4のアクチュエータ4aへの供給空気圧 P_a 及び上流側管路 L_1 の内圧 P_1 の変化をストレージオシロスコープ8により観測したものである。

上記図4の(a)からも明らかなように、0(全閉)→0.490MPa・G(全開)の過程を経て弁4を全開にした場合には、図4の(a)のように最大約12Vの振幅の振動出力の変動が表われた。

[0039] これに対して、供給圧力 P_a を0→0.29→0.490(図4-(b))と変化させた場合には管路振動に殆んど変動が生じず、ウォーターハンマーの発生が完全に防止されることが判る。

[0040] 即ち、管路 L_1 の内圧 P_1 が一定の場合には、(1)全閉状態からある一定の開弁度まで瞬時に急開し、その後短時間を置いて全開状態にすることにより、約500～1000 msecの間にウォーターハンマーを発生することなしに流体通路を開放できること、及び(2)前記最初の弁体の停止位置、即ち弁開度が一定値よりも大きくても、或いは小さくても、ウォーターハンマーの発生を防止することができないことが判る。

[0041] 尚、図5(a)、(b)、(c)は、ステップ圧力 P_s を0.245MPa・G、0.255MPa・G及び0.274MPa・Gと変化させた場合の弁4の上流側配管 L_1 内の圧力変動を示すものであり、アクチュエータ圧力 P_a は0→0.245→0.49MPa・Gの状態に変化させ、1000msecで弁4を全開放するようにした場合のものである。

[0042] また、図6は、前記図5の(c)の拡大したものであり、アクチュエータ圧力 P_a を0→0.294→0.490MPa・Gの順で、約1000msec間で上昇させて弁4を2段階操作で全開させることにより、上流側配管 L_1 の振動を略零にすることが可能なことが判る。

[0043] 図7の(a)、(b)、(c)は、タンク内圧を0.098、0.196、0.294MPa・Gとした場合の、ステップ圧力 P_s と上流側配管 L_1 内の振動圧力の関係を調査したものであり、夫々の場合に、振動圧力が最小となるステップ圧力 P_s が存在することが判る。尚、ステップ圧力 P_s の保持時間は1000msecとしている。

[0044] 図8は、前記図7の試験に於けるアクチュエータ4aへの供給圧力 P_a の説明図であり、ステップ圧力 P_s と一段目(A点)及び二段目(B点)の位置関係を示すものである。

[ウォーターハンマーレス開放装置の第1実施例]

- [0045] 図9及び図10は、本発明に係る流体通路のウォーターハンマーレス開放装置の第1実施例の基本構成を示すものであり、既設の上流側配管路 L_1 へ圧力検出器 P_c を取り付けたり、或いはバルブ本体10へバルブストローク検出器(位置検出器)を取り付けることが困難な場合に、主として利用されるものである。
- [0046] 図9及び図10を参照して、当該ウォーターハンマーレス開放装置は、バルブ本体10と、アクチュエータ11と、電空変換制御装置17と、アクチュエータ作動圧 P_a の段階的切換え及び切換後の圧力保持時間 T_s 等を制御可能とした演算制御装置16と、上流側配管路 L_1 に着脱自在に固定した振動センサー18とを組み合わせ、弁本体10のアクチュエータ11に加えるアクチュエータ作動圧 P_a の段階的切換え(図10(a)の0から P_s への切換(ステップ圧力 P_s)やステップ圧力 P_s の保持時間 T_s を適宜に選定して、ウォーターハンマーレス開放を可能とする弁本体10の開放条件をあらかじめ設定記憶しておくことを可能としたものである。
- [0047] 即ち、図9及び図10に於いて、16は演算制御装置、17は電空変換制御装置、18は振動センサー、6は弁駆動用ガス源、10はバルブ本体、11はアクチュエータであり、弁駆動用ガス源6からの駆動圧 P_{ao} (本実施例の場合約0.6MPa)が電空変換制御装置17によって図10(a)の如き状態のステップ状の作動圧力 P_a に変換され、アクチュエータ11へ印加されることになる。
- [0048] 尚、アクチュエータ11へ加えるアクチュエータ作動圧 P_a やその保持時間 T_s は、後述するような方法によって、あらかじめバルブ上流側配管路 L_1 毎に弁本体10の開放作動試験によって求められた演算制御装置16からの制御信号 S_c によって制御されており、当該振動センサー18及び演算制御装置16は、弁本体10の開放作動試験による前記制御信号 S_c の選定が完了すれば、上流側配管路 L_1 から取り外しされることになる。
- [0049] 即ち、前記演算制御装置16にはステップ圧力設定信号 P_s の設定回路16a、圧力保持時間設定信号 T_s の設定回路16b、許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} の設定回路16c、管路の振動圧検出回路16d及び比較演算回路16e等が設けられており、振動センサー18により検出した弁本体10の開放時の内圧 P_1 の変動による振動検出信

号Prと、ステップ圧力設定信号Psと、ステップ圧力保持時間設定信号Tsと、許容上限振動圧力設定信号Prmとが夫々入力されている。

[0050] そして、前記比較演算回路16eでは振動検出信号Prと許容上限振動圧力設定信号Prmとが比較され、両者の間に差異がある場合には、後述するようにステップ圧力設定信号Psが修正され、当該修正されたステップ圧力設定信号Psと保持時間設定信号Tsとを含む制御信号Scが電空変換制御装置17のデータ記憶部17aへ出力されて行く。

[0051] また、前記電空変換制御装置17には、データ記憶部17aと信号変換部17b(信号発生器7)と、電空変換部17c(電空変換装置5)等が設けられており、信号変換部17bからのアクチュエータ作動圧制御信号Seが電空変換部17cへ入力されることにより、アクチュエータ11へ供給するアクチュエータ作動圧Paが、図10の(a)のように段階的に切換え変換される。

尚、当該電空変換制御装置17へは、バルブ開閉指令信号S及びバルブ本体10の作動状況(NO又はNC)に対応するための切換信号Soが入力されている。

[0052] 図9を参照して、先ず配管路 L_1 に振動センサー18を固定する。次に、演算制御装置16へ適宜のステップ圧力設定信号Ps、ステップ圧力保持時間設定信号Ts及び許容上限振動圧力設定信号Prmを入力すると共に、電空変換制御装置17のバルブ本体切換信号So及びアクチュエータ作動用流体供給圧Paoを適宜に設定する。

[0053] その後、バルブ開閉指令信号Sを入力して、弁本体10のアクチュエータ11に例えば図10の(a)の如き形態のアクチュエータ作動圧Paを供給する。

今、時刻 t_1 に於いて、アクチュエータ作動圧Paを0からPsまで上昇させると、弁本体10の流体通路は中間位置まで開放され、更に設定保持時間Tsが経過した時刻 t_2 に於いて、アクチュエータ作動圧PsがPamaxにされることにより、弁本体10は全開状態となる。

[0054] この間に、ウォーターハンマーの発生により配管路 L_1 の内圧 P_1 が変化すると、その変化の状態は振動センサー18により検出され、振動検出信号Prは演算制御装置16へ入力される。

演算制御装置16では、検出信号Prと許容上限振動圧力設定信号Prmとが比較さ

れ、もしも、 A_1 の位置(時刻 t_1)に於いては振動を発生しないか又は振動の大きさが許容値内であるが、 A_2 の位置(時刻 t_2)に於いて振動が許容値 P_{rm} を越える場合には、アクチュエータ作動圧 P_a を少し上昇させるようにステップ圧力設定信号 P_s が修正され、この修正されたステップ圧力設定信号 P_s とその保持時間設定信号 T_s が制御信号 Sc として演算制御装置16から電空変換制御装置17へ出力され、その後再度同様のバルブ本体10の開放作動試験が行なわれる。

[0055] また、逆に、もしも、 A_1 の位置(時刻 t_1)で発生した振動が許容上限振動圧力設定信号 P_{rm} を越える場合には、前記ステップ圧力設定信号 P_s を少し下降させる方向に設定信号 P_s が修正され、演算制御装置16から電空変換制御装置17へ制御信号 Sc として出力され、その後再度同様のバルブ本体10の開放作動試験が行なわれる。

[0056] 上記0046及び0049に記載の如き作動試験を繰り返すことにより、振動センサー18を設けた配管路 L_1 のウォーターハンマーレス開放に必要なアクチュエータ11の中間作動圧力 P_s (ステップ圧力設定信号 P_s)が所定のステップ圧力保持時間設定信号 T_s (バルブ開放時間 T_s)について選定されることになり、この選定されたウォーターハンマーを起さない最適のステップ圧力設定信号 P_s とその保持設定時間 T_s を与える制御信号 Sc が、電空変換制御装置17のデータ記憶部17aに記憶され、以後の管路 L_1 の開放は、この記憶された制御信号 Sc に基づいてアクチュエータ作動圧 P_a を制御することにより行なわれる。

[0057] 尚、上記図9及び図10の実施例に於いては、アクチュエータ作動圧 P_a を2段階に切換え制御するようにしているが、必要な場合には3段階や4段階の切換としてもよいことは勿論である。

また、ステップ保持時間設定信号 T_s は通常0.5〜1秒の間に設定され、当該時間 T_s が短くなるにつれて、ウォーターハンマーレス開放の条件を見出すことが困難になることは勿論である。

[ウォーターハンマーレス開放装置の第2実施例]

[0058] 図11は、本発明に係る流体通路開放方法とこれに用いるウォーターハンマーレス開放装置の第2実施例を示すものである。

図11に於いて、 L_1 は配管路、10はバルブ本体、11はエアーアクチュエータ、18は

振動センサ、19はチューニングボックス、20は電空変換装置であり、ウォーターハンマーレス開放装置としての基本的な構成は、図9に示した第1実施例の場合とほぼ同じである。

- [0059] 前記チューニングボックス19は、バルブ本体10の上流側に取付けした振動センサ18からの振動検出信号 P_r がフィードバック信号として入力され、当該フィードバック信号 P_r からウォーターハンマーの発生を検出すると共に、電空変換装置20へアクチュエータ作動圧の制御信号 S_c を出力することにより、エアーアクチュエータ11へ供給する2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を最適化するものである。具体的には、後述するように図15のアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' の大きさ及びステップ作動圧保持時間 t の最適値を演算し、当該アクチュエータ作動圧 P_a を電空変換装置20からアクチュエータ11へ出力させるための制御信号 S_c を電空変換装置20へ出力する。
- [0060] また、当該チューニングボックス19には、バルブ本体10のエアーアクチュエータ11の作動型式(N. O. 又はN. C.)に対応して制御信号 S_c を切換えするための切替えスイッチが設けられている。
- [0061] 図12は、チューニングボックス19の主要部を形成するパソコンの画面表示の一例を示すものであり、バルブ本体10の開閉状態、エアーアクチュエータ11へのアクチュエータ作動圧 P_a 、配管路 L_1 の振動状況、ステップ作動圧 P_s' 及び配管振動値、オートチューニングの条件設定、マニュアル開閉の条件設定、バルブ本体10の作動型式等の画面表示が可能な構成になっている。
- [0062] 前記電空変換装置20は、信号変換器と電空変換器とを組み合わせたものであり、図13に示す如く給気用電磁弁B、排気用電磁弁F、圧力センサE、制御回路A等から構成されており、基本的には図2の(a)及び(b)に示したものとほぼ同じ構成を有している。
- [0063] 即ち、給気電磁弁Bへは0.6MPa以上の空気圧が供給されており、0〜0.5MPaの空気圧がアクチュエータ作動圧制御圧力 P_a としてエアーアクチュエータ11へ出力される。

また、当該電空変換装置20の制御回路Aには、基板 A_1 と外部入出力インターフェイス A_0 等が設けられており、また、外部入出力インターフェイス A_0 には二つのコネク

タAc、Adが設けられている。そして、コネクタAdへは供給電源(DC24又は12V)、開閉信号I(電圧入力又は無電圧入力)、圧力モニタ(0〜5DCV・0〜981KPaG)が接続され、また、コネクタAcへはチューニングボックス19が接続される。

[0064] 図14は、当該第2実施例に於けるオートチューニングの実施フローを示すものであり、また、図15はエアーアクチュエータ11へ加えるアクチュエータ作動圧Paと振動の発生との相対関係を示すものである。

尚、アクチュエータ作動圧Paとしては、図10の場合と同様に2段階状のアクチュエータ作動圧Paが加えられている。

[0065] 図14を参照して、図11に示す如く振動センサ18を配管路 L_1 の所定位置(バルブ本体10から約1000mm以内の上流側位置、望ましくは100〜1000mm上流側へ離れた位置)に固定すると共に、チューニングボックス19及び電空変換装置20を夫々セッティングする。

次に、オートチューニング開始信号の入力(ステップ S_1)により弁全閉状態に約2秒間保持した(ステップ S_2)あと、2段階状のアクチュエータ作動圧Paを加えることにより、制御が行われる(ステップ S_3)。尚、ステップ作動圧 Ps' の保持時間tは、後述するように0.5〜1secに設定されている。

[0066] バルブ本体10の開放により配管路 L_1 に発生した振動は、振動センサ18からの振動検出信号Prにより検出並びに確認され(ステップ S_4)、振動が図15のA点で発生しているか、又はB点で発生しているかを確認し(ステップ S_5 、 S_6)、A点で発生している場合には、アクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧 Ps' が減少され(ステップ S_7)、また、B点で発生している場合には前記ステップ作動圧 Ps' が増加される(ステップ S_8)

[0067] 上記バルブ本体10の開放制御を繰り返す(通常は数回〜15回)ことにより、振動を全く生じない最適のステップ作動圧 Ps' を有するアクチュエータ作動圧Paが最終的には得られることになり、このオートチューニングにより得られた振動を完全に防止可能な2段階状のアクチュエータ作動圧Paを出力する制御信号Scを電空変換装置20へ入力することにより、バルブ本体10を開放するようにする。

[0068] 前記オートチューニング時に加える2段階状のアクチュエータ作動圧Paのステップ作

動圧保持時間 t は、短いほど好都合であるが、空気作動式アクチュエータ11にあつては $t=1$ 秒以下とするのが望ましい。

尚、前記図14及び図15に於いては、ノーマルクローズ型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用し、アクチュエータ作動圧 P_a を供給することによって閉弁中のバルブ本体10を開放する場合について説明しているが、ノーマルオープン型の空気作動式ダイヤフラム弁を使用し、アクチュエータ作動圧 P_a を2段階に分けて低減させることによりウォーターハンマーレス開放を行なうことも勿論可能であり、この場合にアクチュエータ作動圧 P_a のステップ作動圧 P_a' の調整が前記ノーマルクローズ型の場合とは逆になり、一段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動が発生したときにはステップ作動圧 P_a' を上昇させ、また二段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動が発生したときには、ステップ作動圧 P_a' を下降させることになる。

[0069] 図16は、バルブ開閉時の内容積無変化型の空気圧作動バルブ(19.05mm)を用い、液体ラインの圧力が0.098MPa、0.198MPa及び0.294MPaの三種の配管路を、アクチュエータ作動圧 P_a が0MPaG-0.294MPaG-0.490MPaGの2段階状の作動圧 P_a を用いて開放したときの、ステップ作動圧保持時間 t と液体ラインの圧力上昇値 ΔP (MPaG)との関係を示すものである。ステップ作動圧保持時間 t を1秒以上にすれば、圧力上昇 ΔP をほぼ零にすることが出来るが、 t が0.5秒以下になると、圧力上昇 ΔP が大きくなることが判っている。

[0070] 尚、前記オートチューニング操作が完了して、配管路 L_1 のウォーターハンマーレス開放が可能な制御信号 S_c (即ち、ウォーターハンマーレス開放が可能な2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a を出力するための制御信号 S_c)が求めれば、前記制御信号 S_c (即ち、作動圧 P_a)のデータを電空変換装置20へ転送し、別途にこれを記憶しておく。そして、オートチューニング19及び振動センサ18を取り外す。

[0071] バルブ本体10の急開放が必要な場合には、予めオートチューニングにより求めた前記制御信号 S_c のデータを用い、電空変換装置20からウォーターハンマーレス開放が可能な2段階状のアクチュエータ作動圧 P_a をバルブ本体10のアクチュエータ11へ出力する。

[0072] 前記図11の実施例に於いては、オートチューニング操作が完了してアクチュエータ

作動圧 P_a (ステップ作動圧力 P_s' とその保持時間 t)が定まれば、当該作動圧 P_a に関するデータを電空変換装置20へ転送し、その後、振動センサ18及びチューニングボックス19は完全に取り外すようにしているが、チューニングボックス19を小型化して電空変換装置20と一体化するようにしてもよいことは勿論である。

[0073] 図17は、半導体製造装置を構成するウエーハの枚葉洗浄機へ本発明の薬液供給方法を適用した状態を示す系統図であり、図17に於いて、 A_0 は流体供給系、10は流体供給系 A_0 内に設けたバルブ本体、 B_0 は枚葉洗浄機、 L_0 は管路、 W はウエーハ、 A は混合薬液(オゾン添加超純水・オゾン濃度数ppm)、 B はフッ化水素酸と過酸化水素水と超純水の混合薬液(混合比0.03:1:2)、 C は水酸化アンモニウムと過酸化水素水と超純水の混合薬液(混合比0.05:1:5)、 D は超純水である。尚、図17に於ける流体供給系 A_0 は、例えば前記図1又は図9若しくは図11のような形成に構成されており、バルブ本体10の弁体をアクチュエータ(図示省略)を介して先ず開弁方向へ一定量だけ移動させ、短時間その状態に保持したあと、引き続き弁体を全開位置へ移動させることにより、バルブ本体10を全開させる構成となっている。

[0074] 尚、液体供給系 A_0 の構成及び作用は前記図1又は図9若しくは図11の場合と全く同様であるため、ここではその説明を省略する。

また、ウエーハ W の洗浄プロセスは、先ず混合薬液 A を用いて洗浄したあと、次に混合薬液 B を供給し、引き続き混合薬液 C 、混合薬液 D の順に各混合薬液 A 〜 D が、夫々のバルブ本体10をアクチュエータを介して切換操作することにより供給されて行く。

[0075] 尚、混合薬液 A 、 B 、 C 、 D の供給に際して、弁本体10を開放した時に発生する管路 L_1 内の圧力上昇値は、バルブ開放前の圧力値の10%以内に押えるのが望ましい。圧力上昇値を前記10%以内に押えるために、前記アクチュエータへの駆動用入力値やその保持時間が調整される。また、管路 L_1 内の圧力上昇値を10%以内とすることにより、管路 L_0 内の圧力上昇値も定常値の10%以内となる。

更に、本実施形態に於いては、混合薬液 A 、 B 、 C 、 D の供給開始時(弁開放時)の圧力上昇値の上限についてだけ述べているが、混合薬液 A 、 B 、 C 、 D の供給停止時(弁閉鎖時)に於ける管路 L_1 等の圧力上昇値にも上限があることは勿論であり、各バ

ルブ本体10は前記圧力上昇値が設定値以内に納まるように閉鎖操作されることになる。

産業上の利用可能性

[0076] 本発明は工業用の配水や蒸気等の供給管路のみならず、一般家庭の給水・給湯用配管路、半導体製造プラントの流体(ガス及び液体)供給管路、化学薬品工業プラントの流体供給管路等へ適用することが出来る。その中でも、特に本願発明は、半導体製造用のチャンバー装置やウェーハ等の洗浄装置、各種のエッチング装置等への適用に適している。

請求の範囲

- [1] 管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を開放し、流体を下流側の流体通路へ供給する方法に於いて、先ず、前記アクチュエータへの駆動用入力を所定の設定値にまで増加若しくは減少させて弁体を開弁方向へ移動させ、アクチュエータへの駆動用入力を前記設定値に短時間保持したあと、当該駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全開状態にすることにより、ウォーターハンマーを起生することなしに流体通路を開放することを特徴とする流体通路のウォーターハンマーレス開放方法。
- [2] バルブを常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブ、又はバルブの作動時にバルブ内容積が変化しない定容積型の常時閉鎖型空気圧作動式ダイヤフラムバルブとした請求項1に記載の流体通路のウォーターハンマーレス開放方法。
- [3] 設定値に短時間保持する時間を1秒以内とすると共に、流体通路の圧力上昇値をバルブ開放前の圧力値の10%以内とするようにした請求項1に記載のウォーターハンマーレス開放方法。
- [4] バルブ本体と、バルブ本体を駆動するアクチュエータと、バルブ上流側配管路に着脱自在に固定した振動センサーと、バルブ開閉指令信号が入力されると共に、そのデータ記憶部に予かじめ記憶された制御信号Scによりアクチュエータへ入力するアクチュエータ作動圧Paを制御する電空変換制御装置と、前記振動センサーからの振動検出信号Prとアクチュエータへ供給するステップ圧力設定信号Psとステップ圧力の保持時間設定信号Tsと許容上限振動圧力設定信号Prmとが入力されると共に、前記振動検出信号Prと許容上限振動圧力設定信号Prmとの比較を行ない、前記ステップ圧力設定信号Psを修正する比較演算回路を備え、前記保持時間設定信号Ts及び修正されたステップ圧力設定信号Psから成る制御信号Scを前記電空変換制御装置のデータ記憶部へ出力する演算制御装置と、から構成したことを特徴とする流体通路のウォーターハンマーレス開放装置。
- [5] 演算制御装置を、ステップ圧力設定回路と保持時間設定回路と許容上限振動圧力設定回路と振動圧検出回路と比較演算回路とから構成すると共に、アクチュエータ作動圧をステップ変化させた直後の振動検出信号Prが許容上限振動圧力設定信号

Prmを越えた場合には、ステップ圧力設定信号Psをより閉弁方向となるように、また、アクチュエータ作動圧を中間のステップ作動圧から最大とした直後の振動検出信号Prが許容上限振動圧力設定信号Prmを越えた場合には、ステップ圧力設定信号Psをより閉弁方向となるように夫々修正する構成とした請求項4に記載の流体通路のウォーターハンマーレス開放装置。

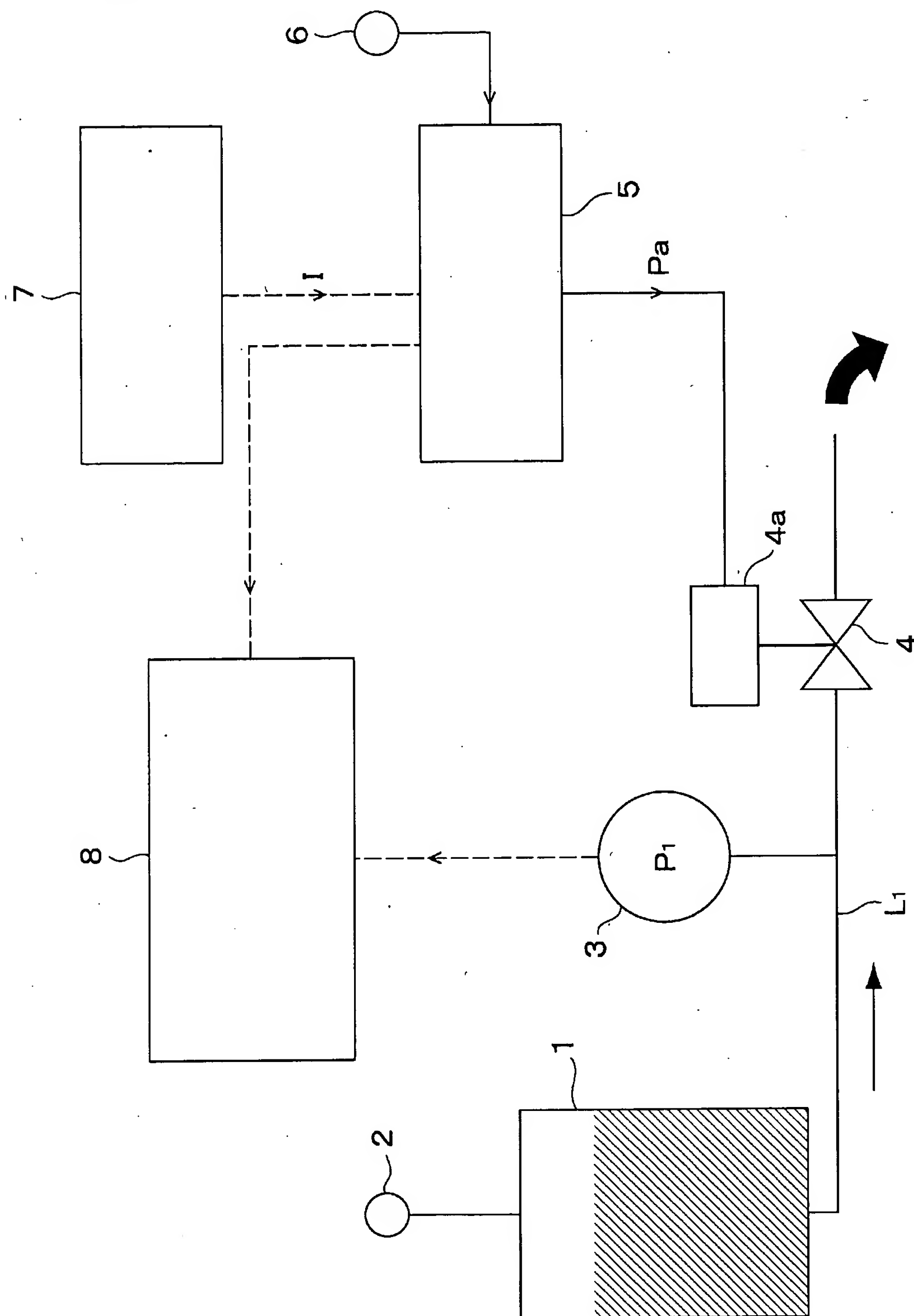
- [6] 電空変換制御装置を、演算制御装置からの制御信号Scを記憶するデータ記憶部と信号変換部と電空変換部とから構成すると共に、データ記憶部にあらかじめ記憶されたウォーターハンマーを生じないときの制御信号Sc'に基づいて信号変換部からアクチュエータ作動圧制御信号Seを電空変換部へ出力し、前記制御信号Seに基づいて電空変換部からアクチュエータ作動圧Paを出力する構成とした請求項4に記載の流体通路のウォーターハンマーレス開放装置。
- [7] 流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブと、アクチュエータ作動式バルブへ二段階状のアクチュエータ作動圧Paを供給する電空変換装置と、前記アクチュエータ作動式バルブの上流側管路に着脱自在に固着した振動センサと、振動センサにより検出した振動検出信号Prが入力されると共に、電空変換装置へ前記二段階状のアクチュエータ作動圧Paのステップ作動圧Ps'の大きさを制御する制御信号Scを出力し、当該制御信号Scの調整により電空変換装置から振動検出信号Prがほぼ零となるステップ作動圧Ps'の二段階状のアクチュエータ作動圧Paを出力させるチューニングボックスと、から構成した流体通路のウォーターハンマーレス開放装置。
- [8] 流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブの上流側に振動センサを着脱自在に取り付け、振動センサからの振動検出信号Prをチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号Scを電空変換装置へ入力し、前記制御信号Scによって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチュエータ作動圧Paをアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを2段階作動により開放するようにした流体通路の開放方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧Paと振動検出信号Prとの相対関係を対比し、1段目のアクチュエータ作動圧Paの上昇時に振動発生があるときにはステップ作動圧Ps'を下降させ、また、2段目のアクチュエータ作動圧Paの上昇時に振

動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を上昇させ、前記ステップ作動圧 P_s' の上昇又は下降による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる2段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の2段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるときの制御信号 S_c のデータに基づいて、前記アクチュエータ作動式バルブを開放するようにしたことを特徴とする流体通路のウォーターハンマーレス開放方法。

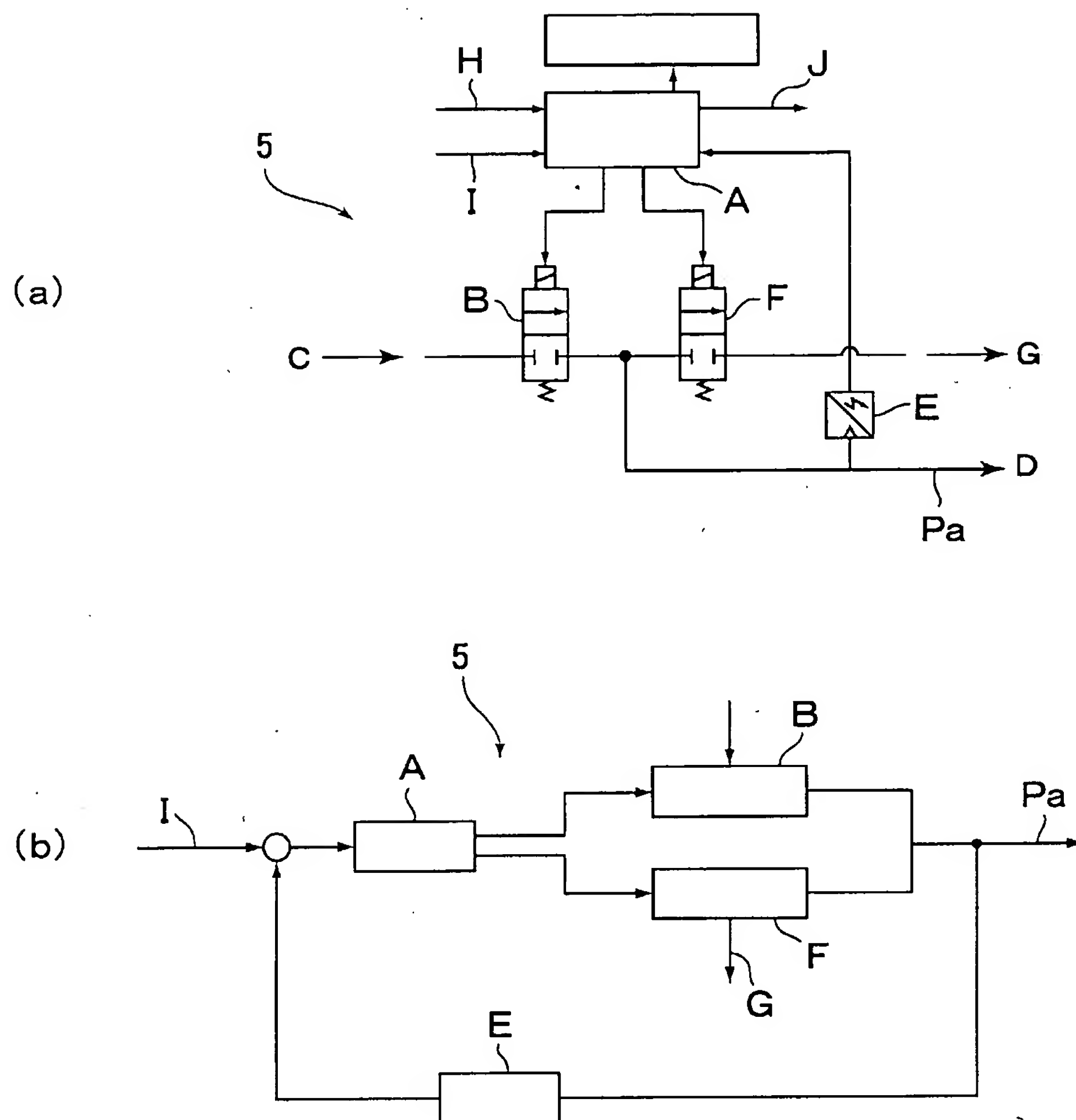
- [9] 流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブの上流側に振動センサを着脱自在に取り付け、振動センサからの振動検出信号 P_r をチューニングボックスへ入力すると共に、チューニングボックスからの制御信号 S_c を電空変換装置へ入力し、前記制御信号 S_c によって電空変換装置に於いて発生した二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a をアクチュエータへ供給してアクチュエータ作動式バルブを2段階作動により開放するようにした流体通路の開放方法に於いて、前記チューニングボックスに於いてアクチュエータへ供給する二段階状のアクチュエータ作動圧 P_a と振動検出信号 P_r との相対関係を対比し、1段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を上昇させ、また、2段目のアクチュエータ作動圧 P_a の低減時に振動発生があるときにはステップ作動圧 P_s' を下降させ、前記ステップ作動圧 P_s' の下降又は上昇による調整を複数回繰り返すことにより、振動検出信号 P_r がほぼ零となる2段階状作動圧 P_a のステップ作動圧 P_s' を求め、当該振動発生がほぼ零となるステップ作動圧 P_s' の2段階状の作動圧 P_a を電空変換装置から出力させるときの制御信号 S_c のデータに基づいて、前記アクチュエータ作動式バルブを開放するようにしたことを特徴とする流体通路のウォーターハンマーレス開放方法。
- [10] 振動発生がほぼ零となる2段階状の作動圧 P_a を出力させるときの制御信号 S_c のデータを電空変換装置の記憶装置へ入力したあと、振動センサ及びチューニングボックスを取り外しするようにした請求項8又は請求項9に記載の流体通路のウォーターハンマーレス開放方法。
- [11] 振動センサをアクチュエータ作動式バルブの設置位置から1000mm以内の上流側位置に設けるようにした請求項8又は請求項9に記載の流体通路のウォーターハンマーレス開放方法。

- [12] 2段階状の作動圧 P_a のステップ作動圧保持時間 t を1秒より小さく設定するようにした請求項8又は請求項9に記載の流体通路のウォーターハンマーレス開放方法。
- [13] 管路内圧が略一定の流体通路に介設したアクチュエータ作動式バルブにより流体通路を開放し、流体を下流側の流体通路へ供給する方法に於いて、流体を薬液とし、まず前記アクチュエータへの駆動用入力を所定の設定値にまで増加若しくは減少させて弁体を開弁方向へ移動させ、アクチュエータへの駆動用入力を前記設定値に短時間保持したあと、当該駆動用入力を更に増加若しくは減少させてバルブを全開状態にすることにより、バルブ開放時にウォーターハンマーを起生しないようにした薬液供給方法。
- [14] 設定値に短時間保持する時間を1秒以内とすると共に流体通路の圧力上昇値をバルブ開放前の圧力値の10%以内とするようにした請求項13に記載の薬液供給方法。

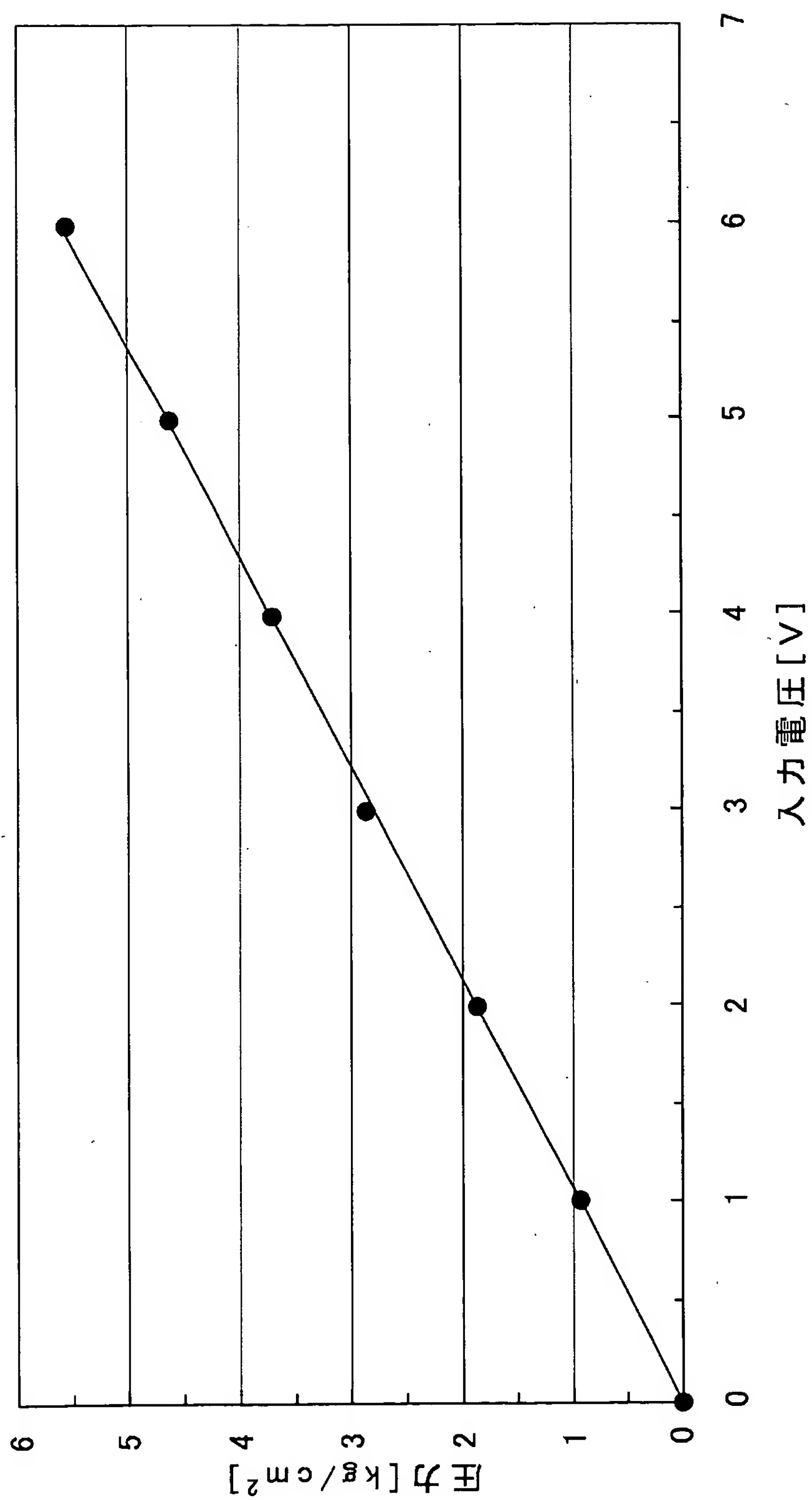
[圖1]



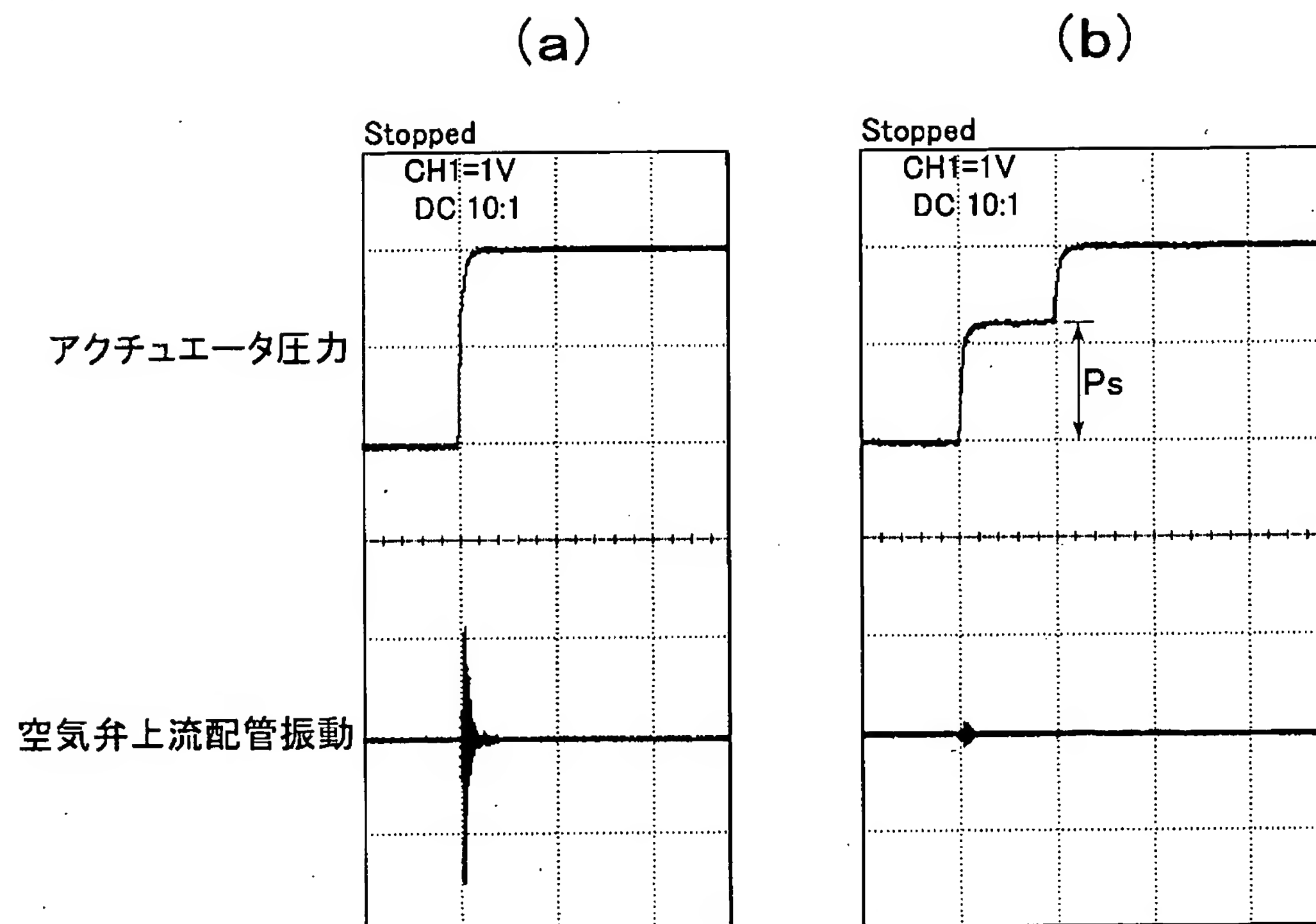
[図2]



[図3]

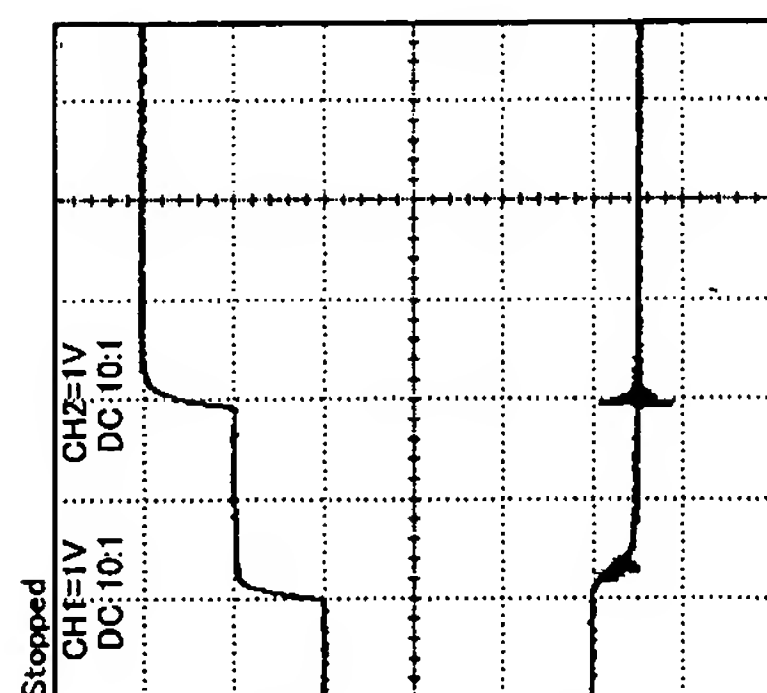


[図4]



[図5]

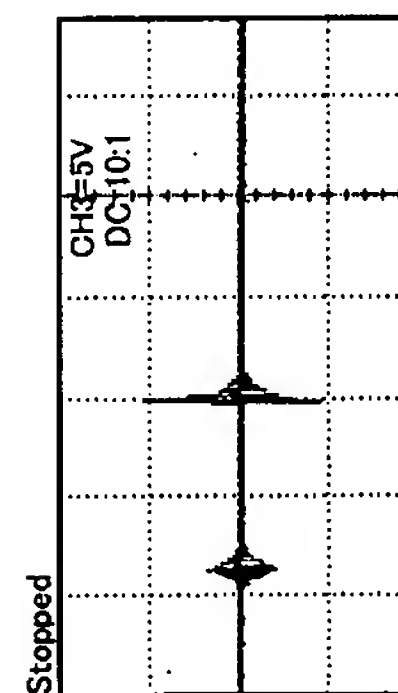
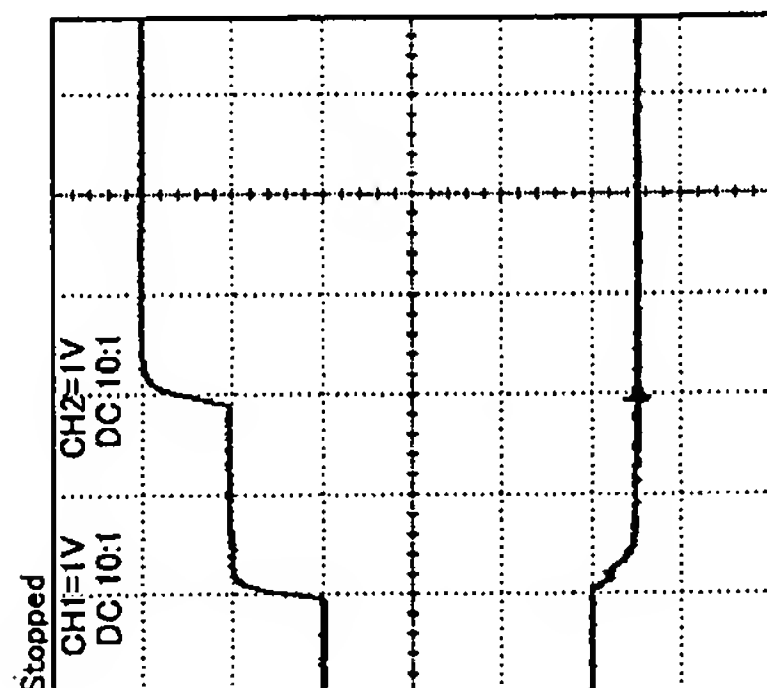
(a)



アクチュエータ圧力

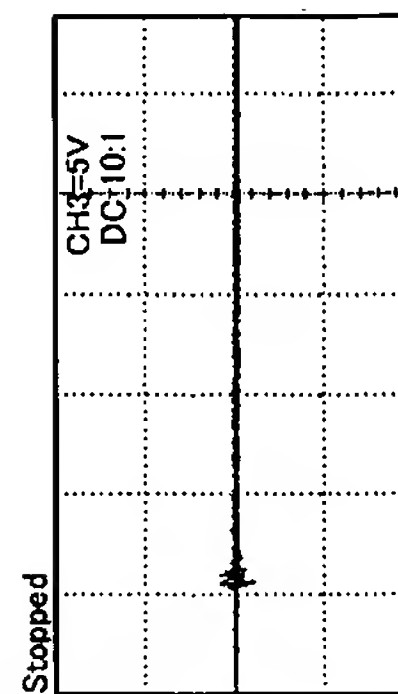
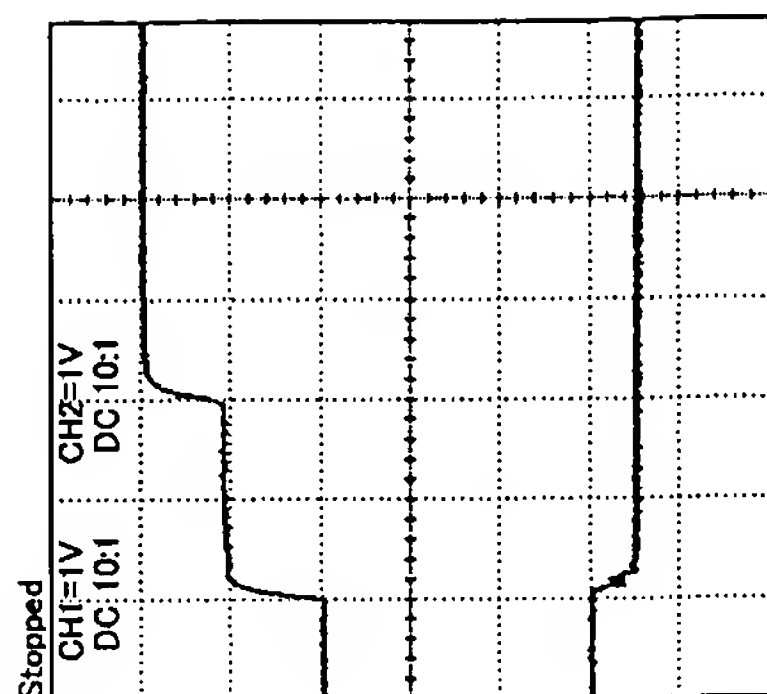
液ライン圧力

(b)

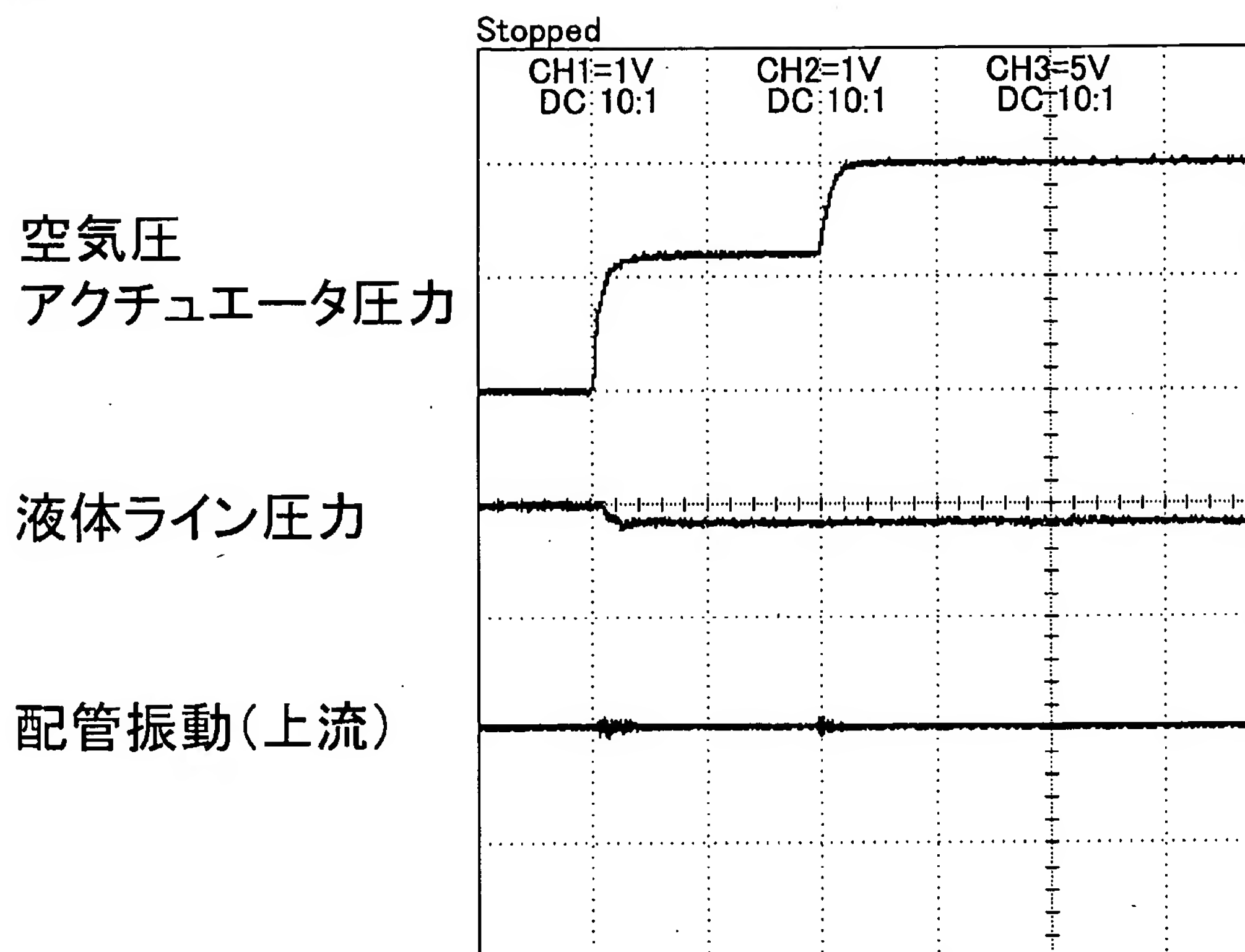


振動(上流)

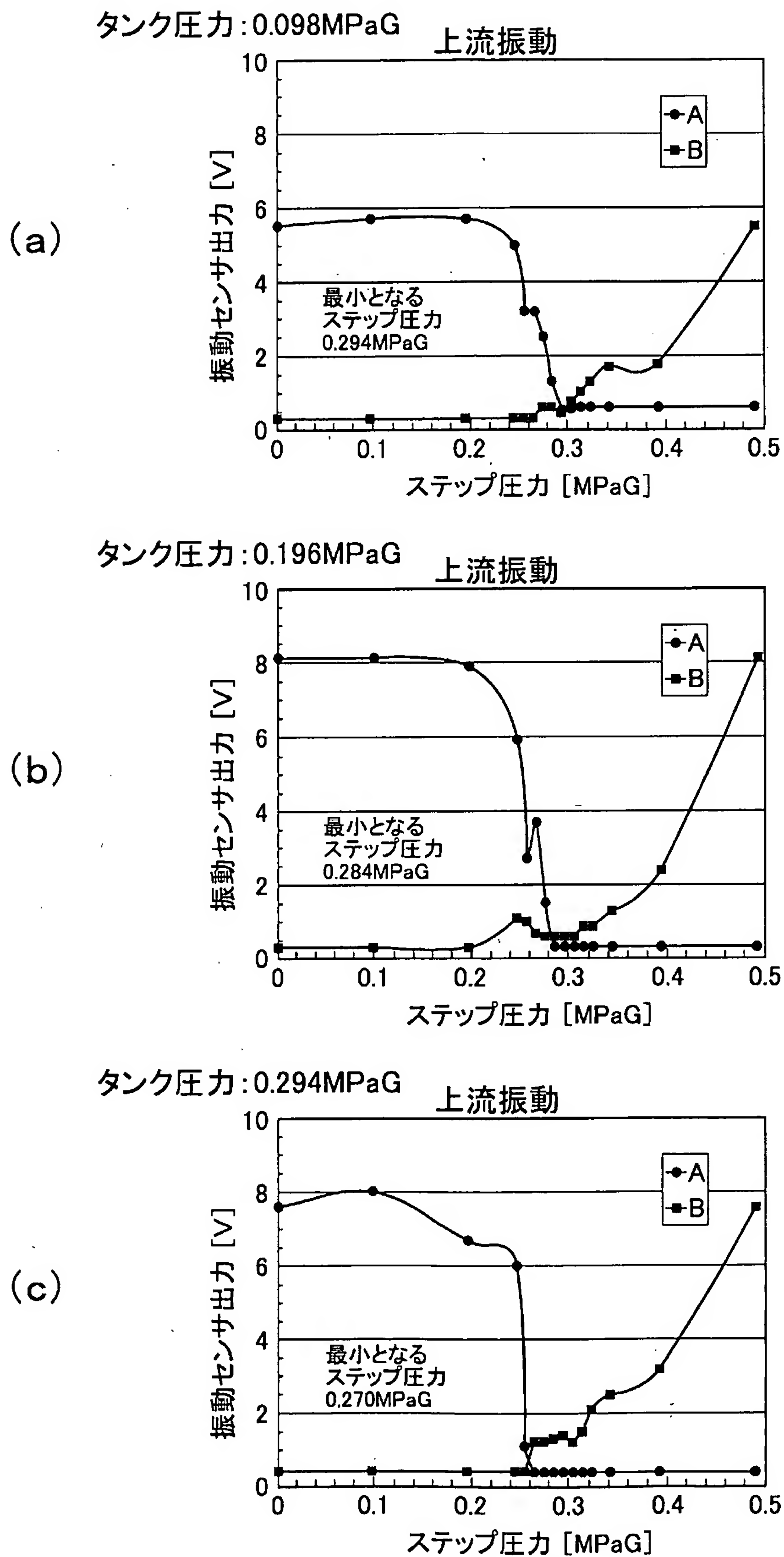
(c)



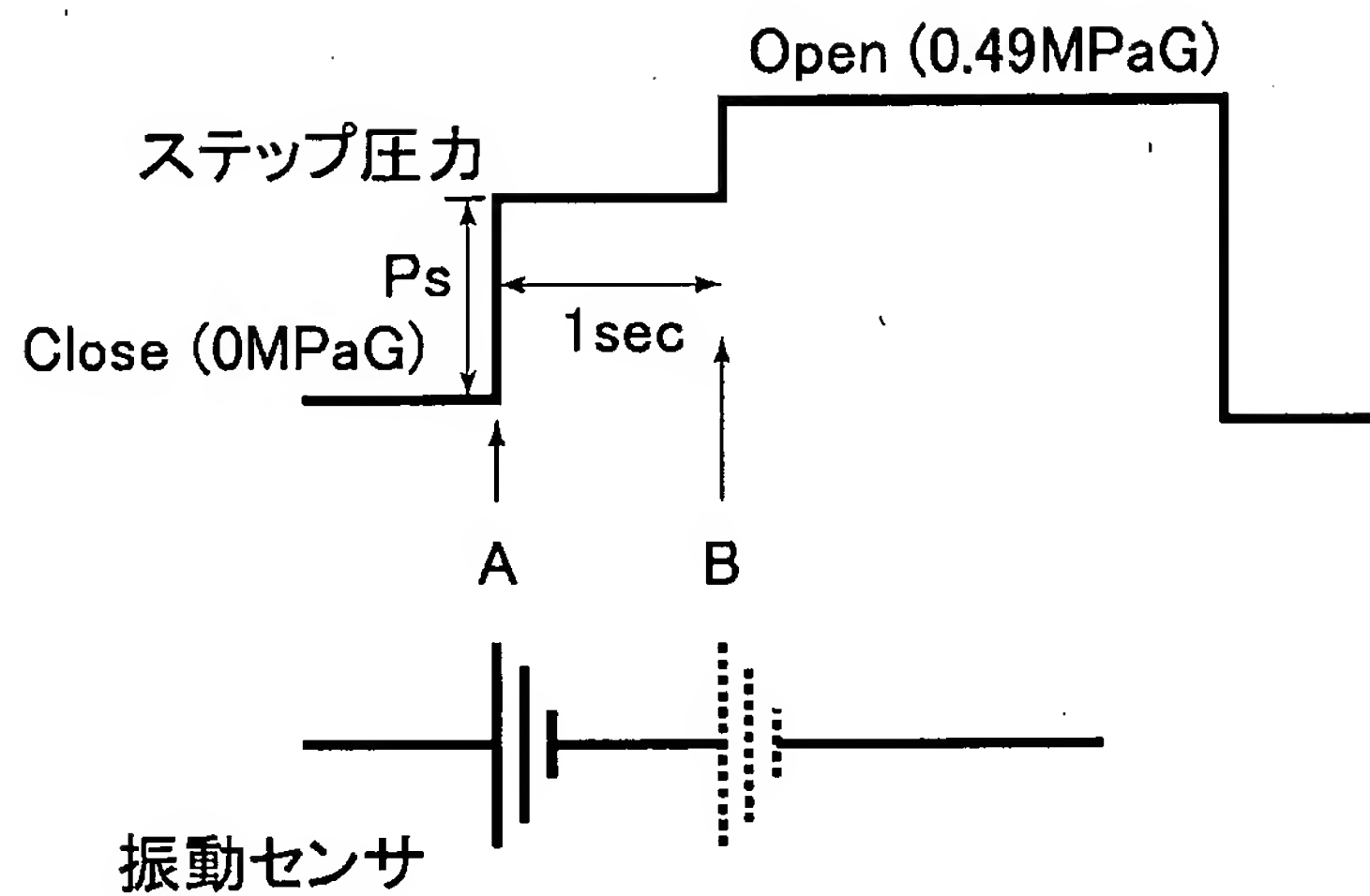
[図6]



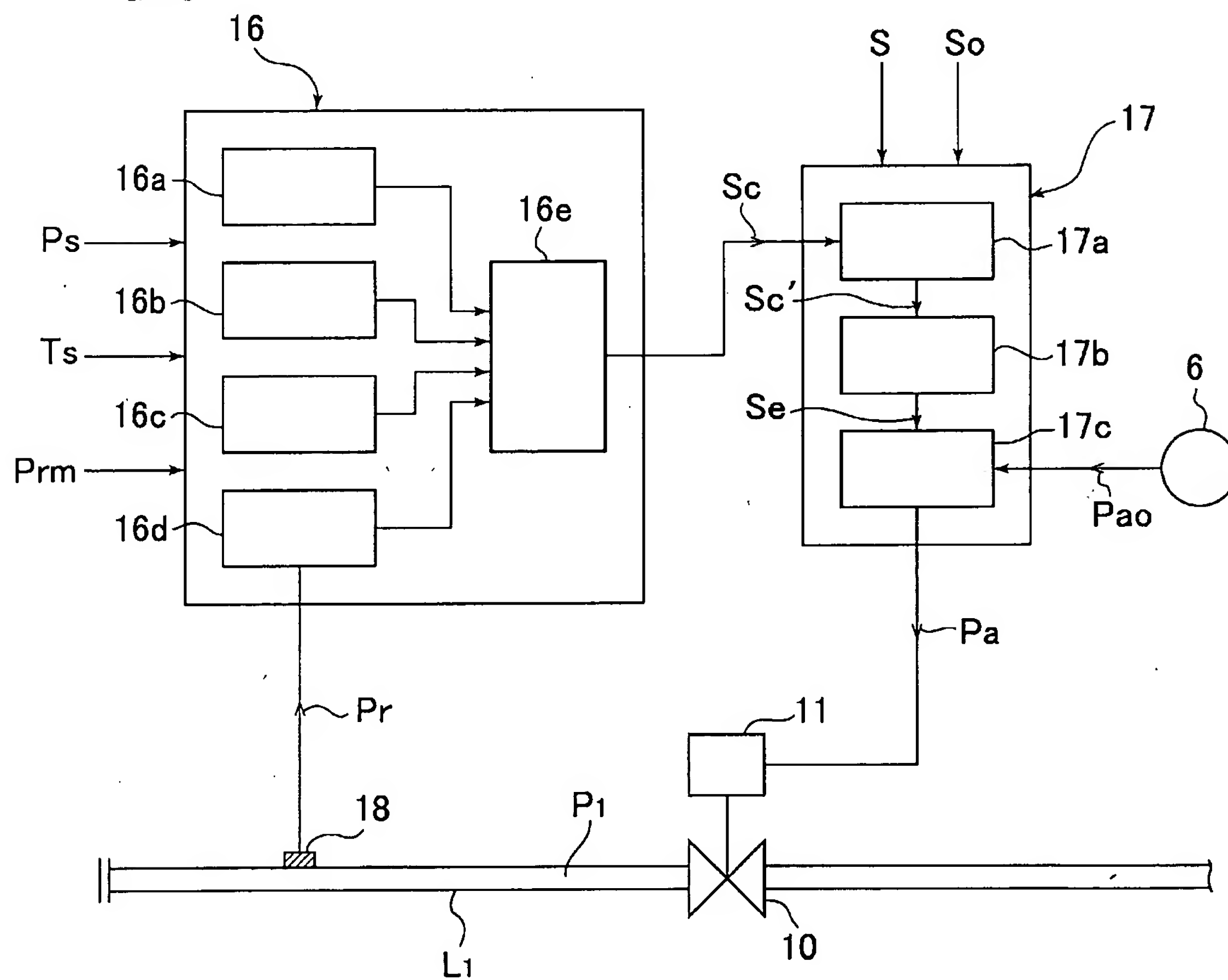
[図7]



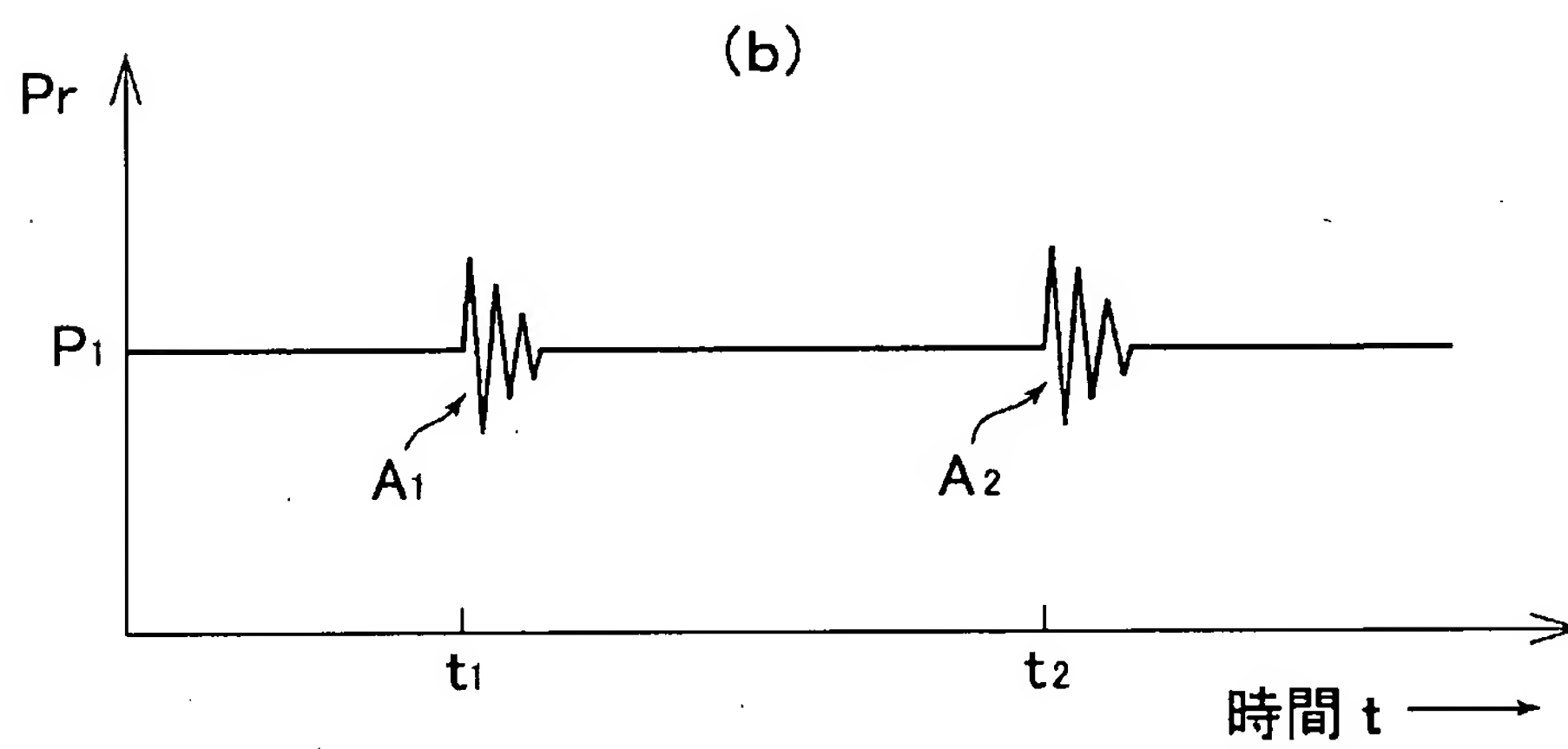
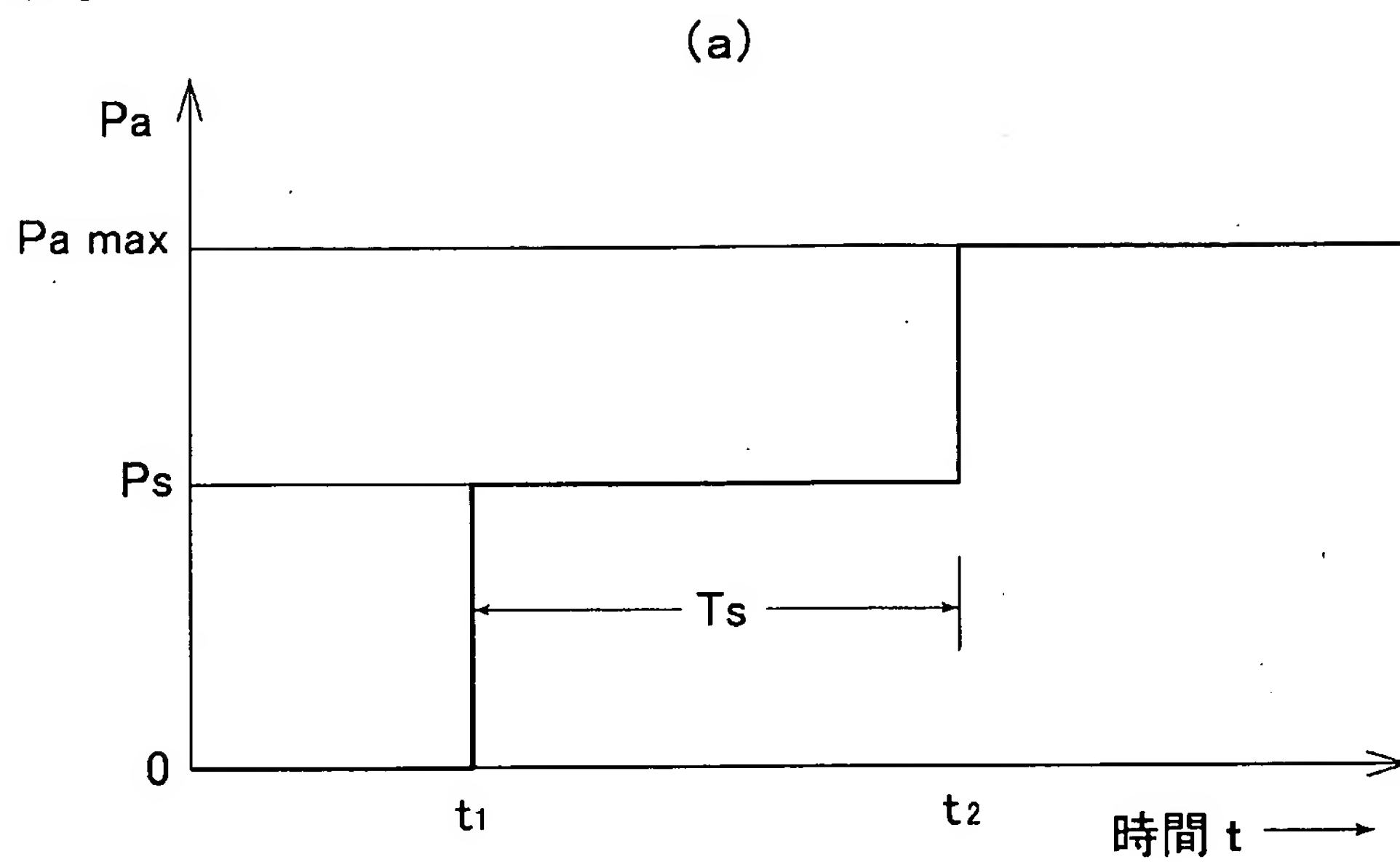
[図8]



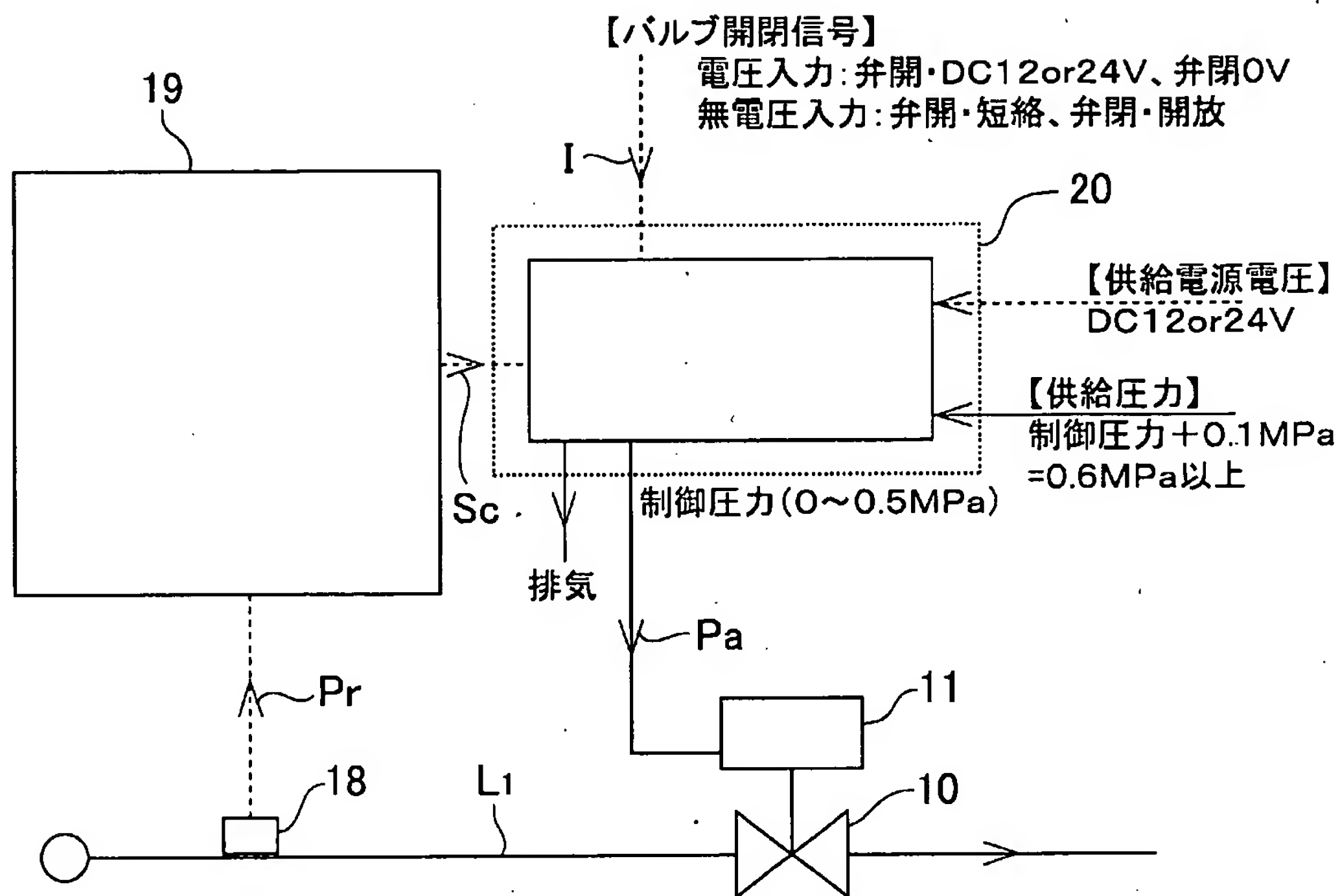
[図9]



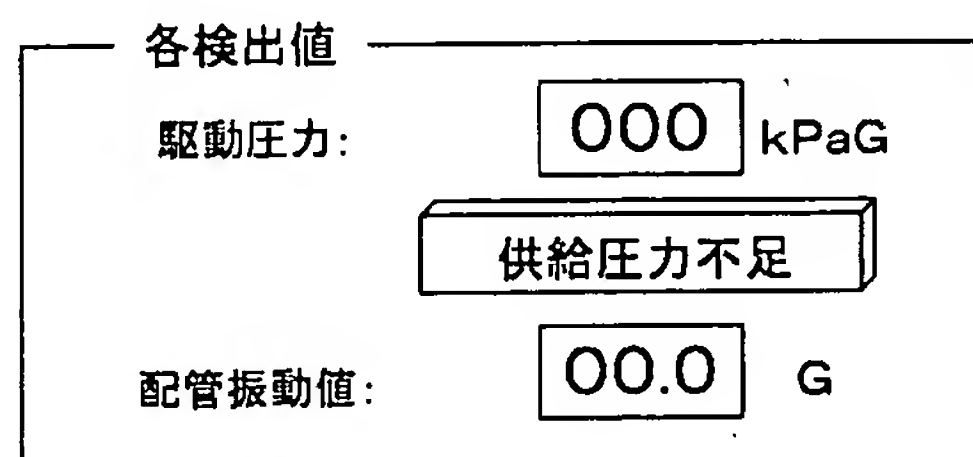
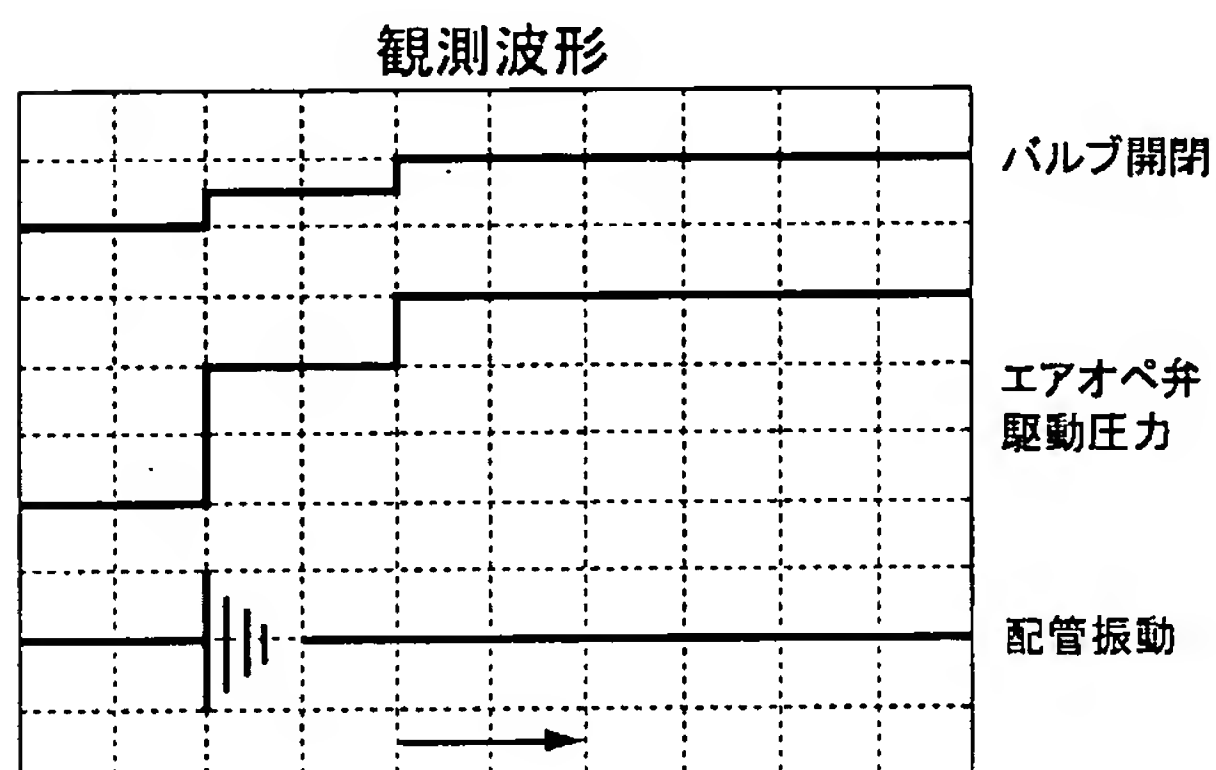
[図10]



[図11]



[図12]



オートチューニング

開始: Start Stop 確認

Auto Manu. 確定

ステップ駆動圧力: 000 kPaG

ステップ保持時間: 00.0 秒

マニュアル開閉

弁開閉指令: 全閉 全開

ステップ駆動圧力: 000 kPaG

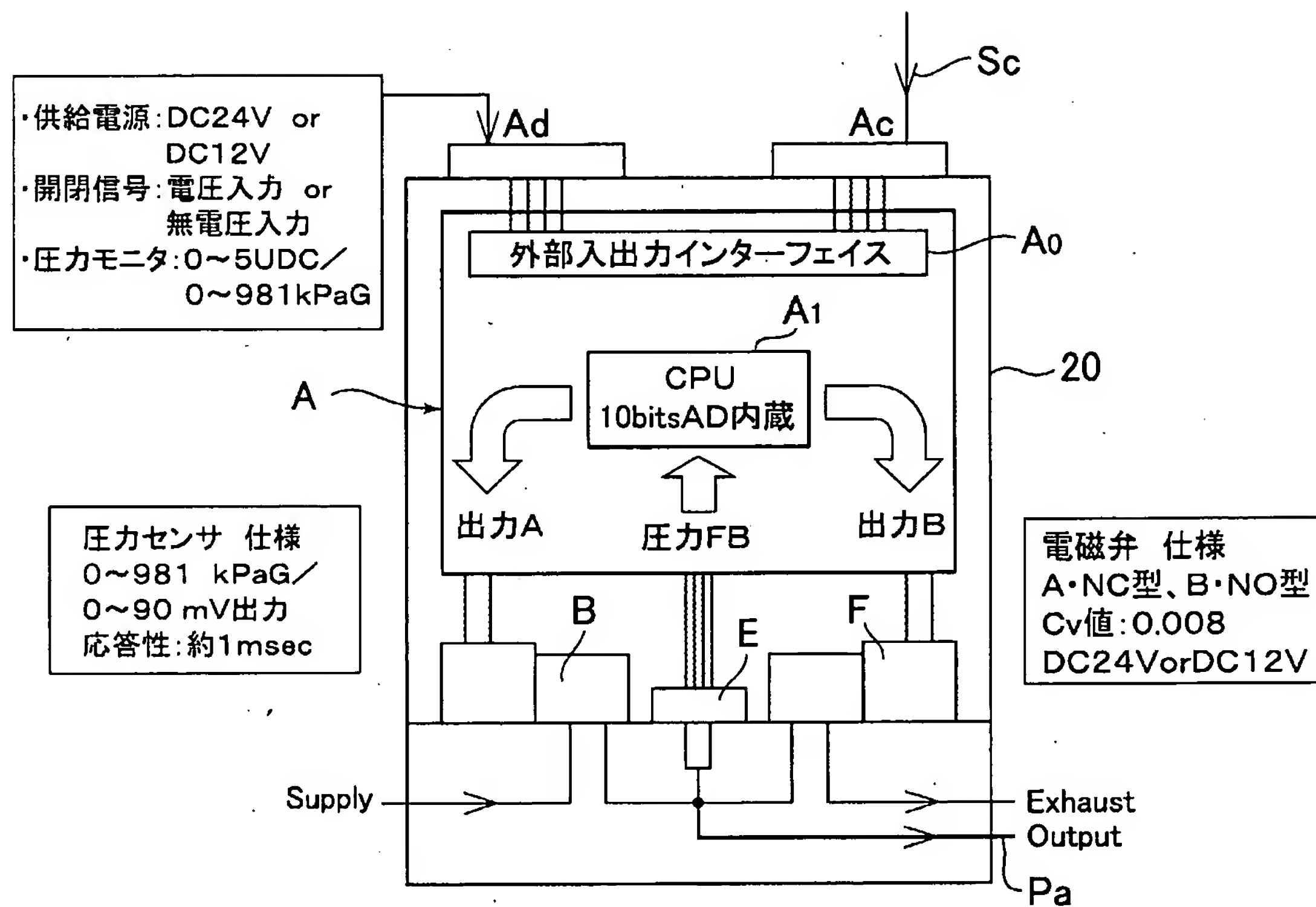
ステップ保持時間: 00.0 秒

条件の設定

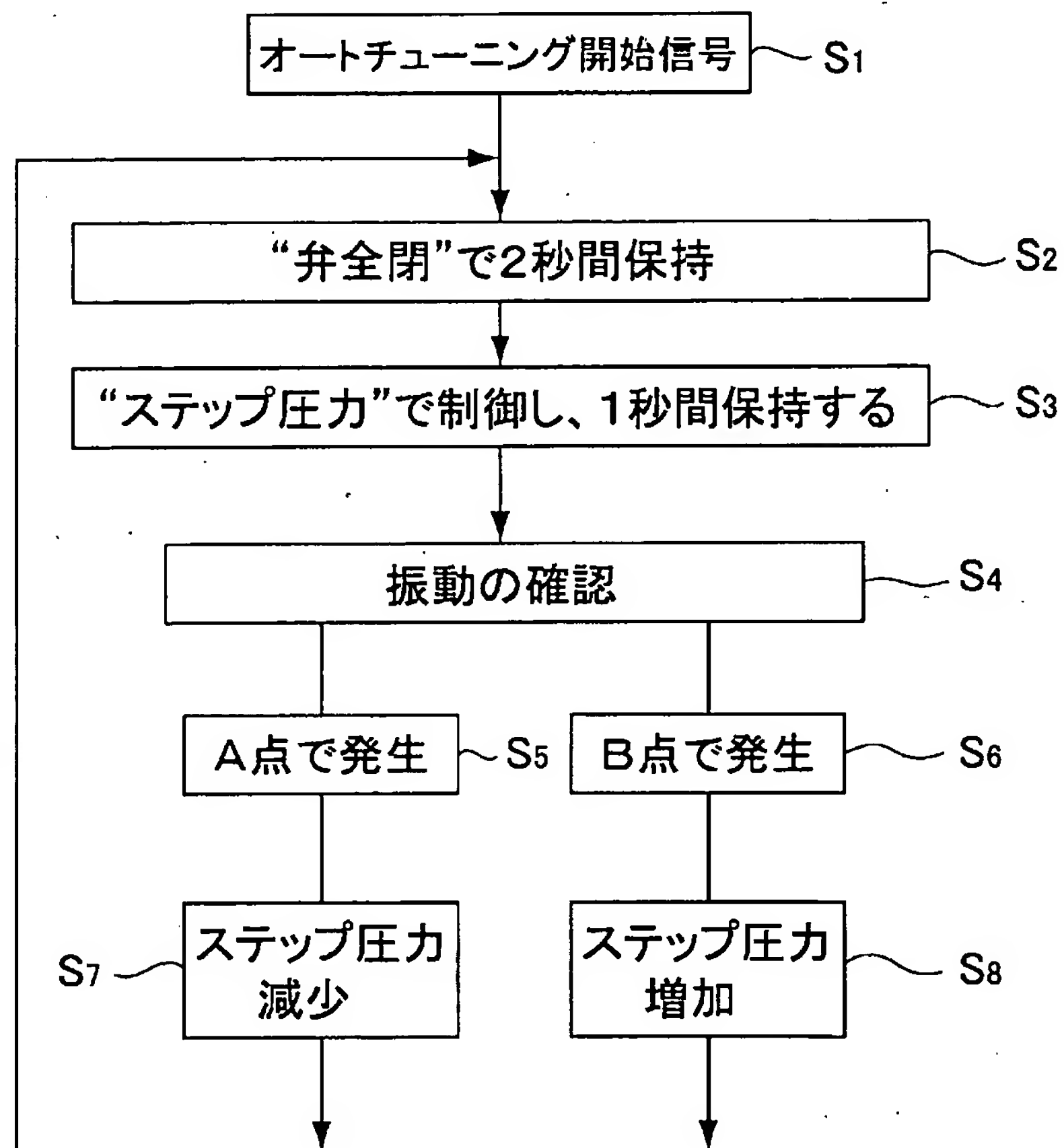
エアオペ弁のタイプ: N.C. N.O.
 Normally Close Normally Open

駆動圧力の最大値: 500 kPaG

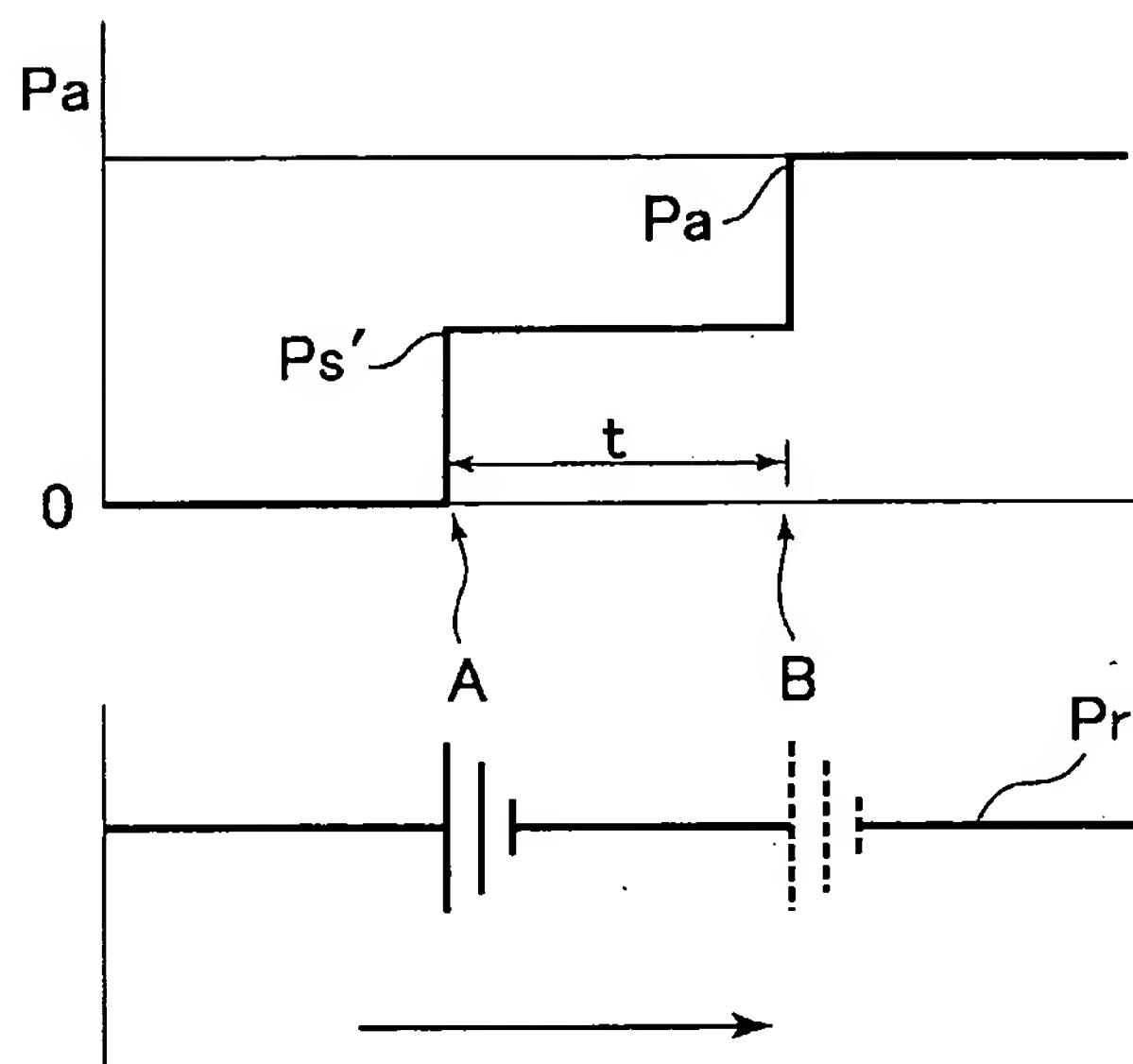
[図13]



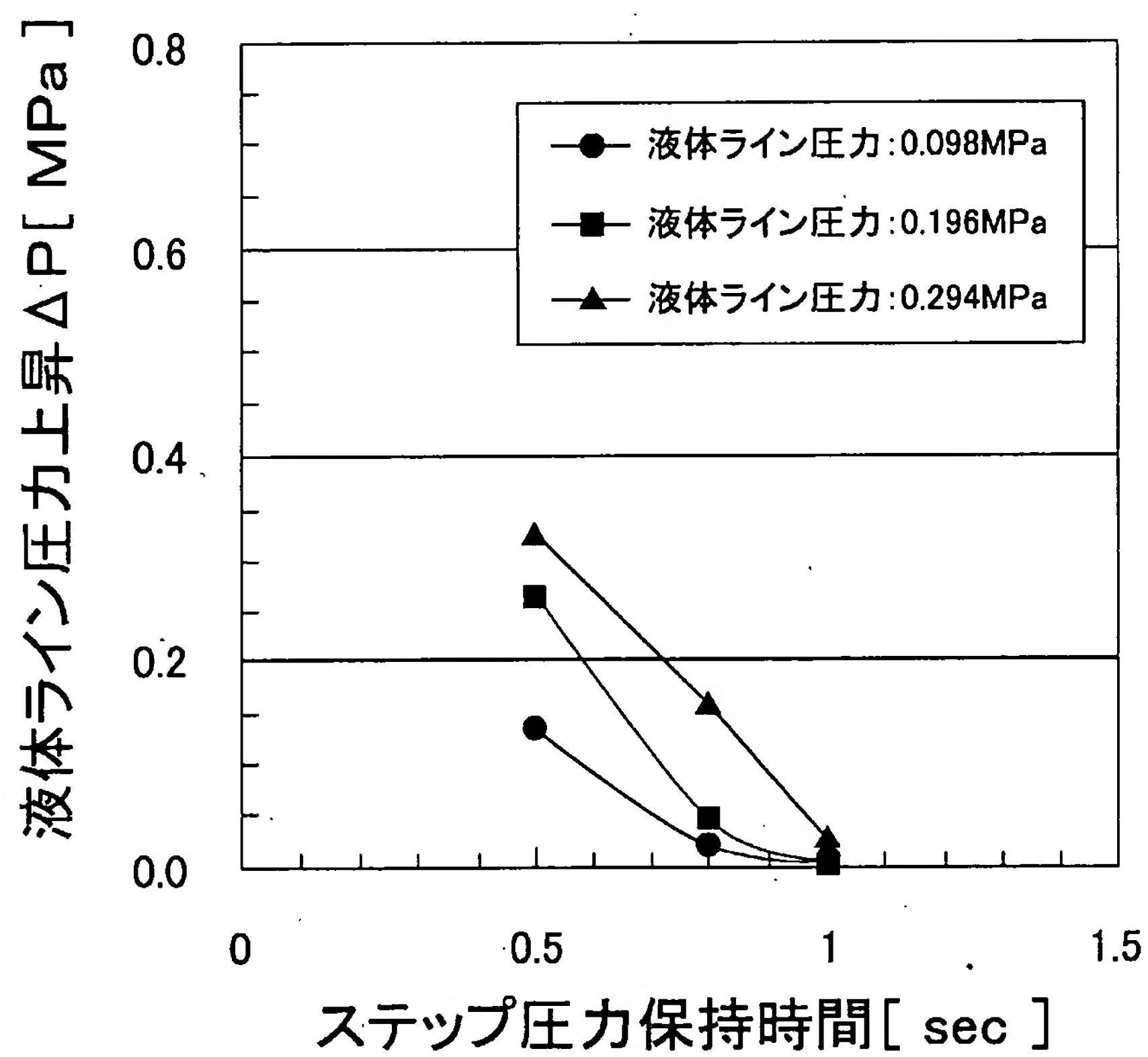
[図14]



[図15]



[図16]



[図17]

